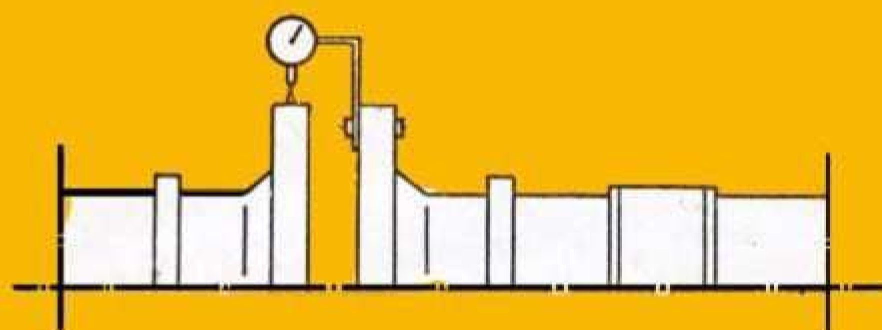
যন্ত্র সংরক্ষণ নির্দেশিকা



এ,কে,এম,সামসুল আলম

যন্ত্র সংরক্ষণ নির্দেশিকা

(Mechanical Maintenance Guidelines)

এ, কে, এম,সামসুল আলম,
বি, এসসি, ইঞ্জিনিয়ার (মেকানিক্যাল)।

JANTRA SHANGRAKSHAN NIRDESHIK

(MECHANICAL MAINTENANCE GUIDELINES

Written by — A. K. M. Shamsul Alam
B. Sc. Engr. (Mech.)

S/o.— Mr. M. A. Rahim
Araibari, Kasba, Brahmanbaria,
Bangladesh.

প্রথম প্রকাশ ঃ সেপ্টেম্বের, ১৯৯১ ইংরেজী

প্রকাশনায় ঃ মিসেস মমতাজ আলম
২০/১১, তাজমহল রোড,
মোহাম্মদপুর, ঢাকা।

কম্পিউটার কম্পোজ ঃ এরশাদুল হাসান, উন্মেষ প্রিন্টিং এন্ড প্যাকেজিং।

প্রচ্ছদ, অংকন ও টাইপিং ঃ হেদায়েতুল্লা সবুজ, রেজাউল, জাকির।

মুদ্রনে ঃ র‍্যাপিড অফসেট প্রিন্টার্স, মোহাম্মদপুর, ঢাকা।

মূল্য ঃ সুলভ – ১৫০ টাকা
শোভন – ২০০ টাকা

প্রাপ্তিস্থান ঃ আইডিয়েল লাইব্রেরী
১৮০/১৮১, নিউমার্কেট, ঢাকা।
ফোন-৫০৬৩৬৯

সাহিত্য কোষ
৩৮, বাংলা বাজার, ঢাকা।
ফোন-২৪৪৫৭৫



'ভূমিকা'

বাংলাদেশে শিল্প প্রতিষ্ঠান ও কল কারখানা দিন দিন বাড়ছে। সাথে সাথে যন্ত্র সংরক্ষণের প্রয়োজনীয়তা এবং গুরুত্বও বেড়ে চলেছে। আমাদের দেশে যন্ত্র নির্মাণ বিশেষ একটা হয় না। বিদেশ থেকেই বেশীর ভাগ যন্ত্র আমদানী করা হয়ে থাকে। ফলে সুষ্ঠু সংরক্ষণ ও সঠিক মেরামত করে যন্ত্রপাতিকে দীর্ঘদিন কার্যক্ষম করে রাখা বিশেষ প্রয়োজন। এদেশে যারা যন্ত্র সংরক্ষণ ক্ষেত্রে কাজ করেন, তারা দীর্ঘদিন কাজ করার মাধ্যমে অভিজ্ঞতা অর্জন করে থাকেন। এতে কাজ শিখতে যেমন অনেক দিন লেগে যায় তেমনি সঠিক স্থান ও নির্দেশাবলীর অভাবে শেখার মধ্যে পদ্ধতিগত অনেক ভুল ত্রুটি থেকে যায়। এই দিক বিবেচনা করেই যন্ত্র সংরক্ষণ নির্দেশিকা পুস্তকখানি রচনায় ব্রত হই।

বাংলা ভাষায় কারিগরী পুস্তক লেখা একটা সহজ বিষয় নয়। বিশেষ করে আমার মত সীমাবদ্ধ জ্ঞান ও ভাষা নিয়ে এ কাজে এগিয়ে যাওয়া কঠিনই ঠেকেছে বলতে হবে। তবুও যতটা সম্ভব বিষয় সমূহকে সহজ করে ব্যাখ্যা করার চেষ্টা করেছি। বাজারে অত্র বিষয়ক পুস্তকের সংখ্যা সীমিত ও দুষ্প্রাপ্য। সুতরাং সাধারণ কারিগর থেকে প্রকৌশলী, প্রযুক্তি বিজ্ঞানে জড়িত ব্যক্তিবর্গ, ইন্ডাষ্ট্রির কর্মী থেকে কর্মকর্তা পর্যন্ত সকলেরই যেন পাঠোপযুক্ত হয় এবং কিছুনা কিছু প্রয়োজন মিটায় সেই দিকে লক্ষ্য রেখে বাংলা ভাষায় গ্রন্থখানি রচনা করেছি। তাছাড়া সর্বোপরি মাতৃভাষার প্রতি শ্রদ্ধাবোধতো কাজ করছেই।

বিভিন্ন যন্ত্রাংশের সমাহারেই একটি যন্ত্র তৈরী হয়ে থাকে। অধিকাংশ যন্ত্রেই ঘুরে ফিরে প্রায় একই ধরণের যন্ত্রাংশ ব্যবহার হয়ে থাকে; যেমন- বিয়ারিং, গিয়ার, বেল্ট, পেকিং, কাপলিং, নাট-বল্টু ইত্যাদি। ফলে যন্ত্রাংশগুলি সম্পর্কে সঠিক জ্ঞান ও মেরামত পদ্ধতি জানা হলে মেনটেনেন্স বা যন্ত্র সংরক্ষণের কাজ আয়ত্তের মধ্যে চলে আসে। সেই অনুসারে এই পুস্তকে প্রয়োজনীয়

যন্ত্রাংশ সমূহের পরিচয়, প্রকৃতি, কার্যপদ্ধতি, ক্রটি নির্ণয় ও মেরামত পদ্ধতি সম্পর্কে বিশ্লেষণ করা হয়েছে। এছাড়া যন্ত্র সংরক্ষণের সাথে সম্পর্কযুক্ত অন্যান্য বিষয় সমূহও স্থান পেয়েছে। যন্ত্র সংরক্ষণ বিভাগে দীর্ঘদিন সংযুক্ত থাকাকালীন যে সব বিষয়গুলি বিশেষ দরকারী বলে প্রতীয়মান হয়েছে সেগুলি সম্পর্কে বিশদ নির্দেশাবলী দিতে চেষ্টা করেছি। সংরক্ষণ বিষয়ে পূর্ণ বিবরণ ও ব্যাখ্যা দিতে গেলে এধরণের পুস্তকের কলেবর আওতার বাইরে যাওয়াই স্বাভাবিক। সে জন্য প্রতিটি অধ্যায় যতটা সম্ভব সংক্ষিপ্ত করেছি; কিন্তু মূল বক্তব্য এবং প্রয়োজনীয় বিষয়কে এড়িয়ে যাইনি।

যন্ত্র সংরক্ষণ নির্দেশিকা বইটি প্রকাশে আমার বন্ধু–বান্ধব, আত্মীয়–স্বজন, সহধর্মিনী ও অন্যান্য যারা বিভিন্ন স্তরে নানাভাবে সাহায্য এবং সহযোগিতা করেছেন, তাদের নিকট আমি ঋণী। নাম উল্লেখ করে তাদেরকে খাঁটো করতে চাইনা। এই পুস্তক প্রণয়নে আমার জ্ঞান ও বাস্তব অভিজ্ঞতা ছাড়াও অনেক গ্রন্থকার, প্রবন্ধকার ও প্রকৌশলীর লিখা, তথ্য, চিত্র, তালিকা প্রভৃতির সাহায্য নিয়েছি, যা শ্রদ্ধাভরে স্বীকার করতে আমার দ্বিধা নেই। যে চিন্তা ও পরিকল্পনা নিয়ে এই গ্রন্থ রচনায় প্রবৃত্ত হয়েছিলাম ততটা রক্ষা করা সম্ভব হয়নি। এছাড়া ভাষা ও ছাপার ক্রটিত আছেই। সব রকম ক্রটিবিচ্যুতিকে ক্ষমা সুন্দর দৃষ্টিতে দেখার জন্য অনুরোধ রইল। বইটির উন্নতি সাধনে পাঠকের মতামত, বিষয়বস্তু সংযোজন বা সংশোধনে অভিমত অথবা যে কোন পরামর্শ পরবর্তী সংস্করণের জন্য সাদরে বিবেচিত হবে। ভবিষ্যতে এরূপ কারিগরি বিষয়ের উপর উন্নত মানের রচনা নিয়ে অনেকে এগিয়ে আসবেন এই কামনা করি। তেমন কিছুর প্রত্যাশা নিয়ে এই রচনায় হাত দেইনি। এদেশের একজন প্রকৌশলী হিসাবে দায়িত্ববোধই আমাকে বেশী অনুপ্রাণিত করেছে। যদি এ পুস্তক যে কোন ব্যক্তি, শিক্ষার্থী, কারিগর বা কোন প্রকৌশলীর সামান্যতম কাজে আসে তাহলেই আমার শ্রম ফলপ্রসূ হয়েছে বলে মনে করব।

ঢাকা
২১ ভাদ্র, ১৩৯৮ সন।

নিবেদক
সামসুল আলম

সূচিপত্র (Contents)

উৎসর্গঃ

যারা আমার জীবনে শিক্ষা ও জ্ঞানের আলো জ্বেলেছেন সেই শিক্ষকবৃন্দ, গুরুজন এবং মাতা পিতার প্রতি শ্রদ্ধা জ্ঞাপনে সমর্পিত।

গ্রন্থকার

প্রথম অধ্যায়

ধাতব পদার্থ
(METAL AND ALLOYS)

কারিগরি ক্ষেত্রে ধাতুর গুরুত্ব অপরিসীম। মানব সভ্যতার ইতিহাস ধাতুর ক্রমবিকাশের ইতিহাসের সাথে জড়িত। বর্তমান যুগেও চারিদিকে তাকালে আমরা ধাতু এবং সংকর ধাতুর পর্য্যাপ্ত ব্যবহার দেখি। রেলগাড়ী,ষ্টীমার, উড়োজাহাজ, মেশিন পত্র,কাঠামো ইত্যাদি হাজারো রকম কাজে এর ব্যবহার প্রধান। কেননা ধাতু শক্ত ও মজবুত, পিটিয়ে লম্বা বা পাতলা করা যায়,গলিয়ে যে কোন আকার দেয়া যায়। তাপ প্রক্রিয়ায় ধর্মের কিছুটা পরিবর্তন করা যায় এবং দীর্ঘদিন টিকে থাকে। এসব গুনাগুনের জন্য প্রকৌশল কাজে ধাতব পর্দাথ বহুল পরিমানে ব্যবহার হয়ে থাকে। বর্তমান যুগে ধাতব পদার্থের স্থান সিনথেটিক পদার্থ, প্লাষ্টিক, টেফলন, চীনামাটি, ফাইবার গ্লাস ইত্যাদি কিছুটা দখল করে নিচ্ছে। ক্ষেত্র বিশেষে এদের মানও ভাল এবং ফলদায়ক। তবে যন্ত্রপাতিতে এদের ব্যবহার এখনও অত্যন্ত সীমিত।

যে কোন যন্ত্রপাতি, ইঞ্জিন, টুলস,ইত্যাদি ধাতু ও মিশ্র ধাতু দ্বারা তৈরী। একই যন্ত্রের বিভিন্ন যন্ত্রাংশ আবার ভিন্ন ভিন্ন ধাতু এবং মিশ্র বা সংকর ধাতুর হয়ে থাকে। এই ভিন্নতার জন্য এর সংরক্ষণ এবং মেরামত পদ্ধতিও আলাদা রকমের। ফলে যন্ত্র কৌশলের সাথে সংশ্লিষ্ট ব্যক্তিদের ধাতু এবং এর ব্যবহার সম্পর্কে ধারণা থাকা আবশ্যক।

এ যাবৎ পৃথিবীতে অসংখ্য ধাতুর আবিষ্কার হয়েছে। এর মধ্যে বিশেষ প্রয়োজনীয় কয়েকটি ধাতু এবং এদের মিশ্রন সম্পর্কে এখানে আলোচিত হবে। ধাতু একটি খনিজ পদার্থ। বিভিন্ন প্রকারের খনিজ আকরিক থেকে শৈল্পিক বিশুদ্ধ প্রকরণের (purifying process) মাধ্যমে মূল ধাতুকে আলাদা করা হয়। ধাতু ঘন অবস্থায় শক্ত ও কঠিন প্রকৃতির হয়। ধাতু তরল অবস্থা থেকে ঘনীভূত হওয়ার সময় অনুগুলি স্ফটিক (crystals) আকৃতির দানার রূপ নেয় এবং বিভিন্ন আকার ও সাইজের হয়ে থাকে। এই দানা সৃষ্টির আকৃতি ও প্রকৃতির উপর ধাতুর

গুনাগুন অনেকটা নির্ভর করে। আবার এই দানা সৃষ্টির স্বরূপ অনেক কিছুর উপরে নির্ভরশীল, যেমন কি অবস্থায় এবং কত তাপমাত্রা থেকে ঘনীভূত করা হয়েছে, কোন চাপ প্রয়োগ করা হয়েছে কিনা, তাপ প্রক্রিয়া (Heat treatment) কি ধরণের করা হয়েছে ইত্যাদি। ধাতুর মান (Quality) এই দানার আকৃতি থেকে আন্দাজ করা যায়। মিহি দানা সম্বলিত ধাতুর যান্ত্রিক গুনাগুন বেশী হয়ে থাকে।

এই দানার গঠন প্রকৃতি তথা ধাতুর মান পরীক্ষা করার অনেক পদ্ধতি আছে। যেমন-মাইক্রোস্কোপিক পরীক্ষা, এক্স-রে, মাইক্রোগ্রাফিক,রিপ্লিকা, মেগনেটিক ও আলট্রাসনিক ইত্যাদি। প্রাথমিক ভাবে মাইক্রোস্কোপিক নিরীক্ষা দ্বারা ধাতুর মান পরীক্ষা করা হয়। এইরূপ নিরীক্ষার জন্য কোন ধাতু টুকরা নিয়ে বা কোন যন্ত্রের কোন অংশকে নমুনা হিসাবে ধরে তাকে পরিষ্কার করে নিতে হয়। অতপর ঐ অংশকে ফাইল দিয়ে ও ইমারি কাগজ দিয়ে ঘষে পলিস করে নিতে হয়। তারপর ঐ অংশকে ১০-১৫% এর নাইট্রিক এসিড সলিউসন (nitric acid solution) দিয়ে ধৌত করতে হয়। এই অংশকে মেগনিফাইং মাইক্রোস্কোপ দিয়ে দেখলে স্ফটিক দানার প্রকৃতি ও আকৃতি পরিষ্কার ধরা পড়ে। এছাড়া গঠন প্রকৃতির মধ্যে গর্ত (cavity), ধাতুমল (slag), ফাটল (cracks) এবং অন্যান্য ত্রুটি আছে কিনা দেখা যায়। মাইক্রোস্কোপের মেগনিফাইং পাওয়ার যত বেশী হবে ত্রুটি তত পরিষ্কার বুঝা যাবে। এসব পরীক্ষা নিরীক্ষার জন্য দশ হাজার গুন বৃদ্ধি করার ক্ষমতাসম্পন্ন মাইক্রোস্কোপও ব্যবহার করা হয়ে থাকে। এছাড়া অন্যান্য পরীক্ষা দ্বারা ধাতুর প্রকৃতি ও অবস্থা বুঝা যায় এবং ব্যবহৃত ধাতু দানার বিকৃতিও ধরা পড়ে। কোন যন্ত্র বা যন্ত্রাংশে এই ধরনের পরীক্ষা চালিয়ে তার বর্তমান অবস্থা সম্পর্কে মন্তব্য করা সম্ভব হয়।

ধাতুর বৈশিষ্ট্য ও গুনাগুনের জন্য বিশেষ করে যান্ত্রিক গুনাগুনের জন্য প্রকৌশল ক্ষেত্রে এর কদর বেশী। ধাতুর ধর্ম ও গুনাগুনকে তিন ভাগে ভাগ করা যায়। যেমনঃ-

১। ভৌতিক ধর্ম (Physical Property)

২ যান্ত্রিক ধর্ম (Mechanical property)

৩। রাসায়নিক ধর্ম (Chemical property)

ভৌতিক ধর্ম ঃ– অর্থাৎ এর ওজন ,ঘনত্ব , আপেক্ষিক গুরুত্ব, তাপ পরিচালন ক্ষমতা, গলন ক্ষমতা, চুম্বকত্ব ইত্যাদিকে বুঝায়।

যান্ত্রিক ধর্মঃ– কঠিনত্ব বা ধাতুটি কতটুকু শক্ত (Hardness), আঘাত বহন করার ক্ষমতা (Strength), চাপ বহন করার ক্ষমতা (Stress capacity), স্থিতিস্থাপকতা (Elasticity), আকৃতি পরিবর্তন যোগ্যতা (Plasticity), ভঙ্গুরতা (Brittleness) ইত্যাদিকে বুঝায়।

রাসায়নিক ধর্ম বা ক্ষমতা ঃ– এক ধাতু অন্য ধাতুর সাথে মিলিত হওয়ার ক্ষমতা। পারিপার্শ্বিক পরিবেশে ক্ষয় হওয়ার দুর্বলতা (Corrossion and errossion), তাপের সাথে শক্তির পরিবর্তন হওয়া ইত্যাদিকে বুঝায়।

উপরোল্লিখিত ধর্ম ও গুনাগুনের মধ্যে যে গুলি সম্পর্কে সাধারণভাবে জানা দরকার সেগুলি নিম্নে উল্লেখ করা হল ঃ–

ঘনত্ব (Density) এবং আপেক্ষিক গুরুত্ব (Specific gravity) ঃ–

একক আয়তনে বস্তুর ভরকে ঘনত্ব বলে। যেমন এক ঘন সেন্টিমিটার রৌপ্যের ওজন ১০·৫ গ্রাম। সুতরাং মেট্রিক পদ্ধতিতে রূপার ঘনত্ব হল ১০·৫ g/cm^3,এক ঘনফুট পানির (60^0F তাপমাত্রায়) ওজন ৬২·৩৬ পাউন্ড। আবার এক ঘনফুট রৌপ্যের ওজন ৬৫৫·৩ পাউন্ড অর্থাৎ বৃটিশ পদ্ধতিতে রূপার ঘনত্ব হল ৬৫৫·৩ lb/ft^3। ঘনত্ব এবং আপেক্ষি গুরুত্বের মধ্যে একটি সম্পর্ক আছে। কোন বস্তুর যে কোন আয়তনের ওজন ঐ সম আয়তনের পানির ওজনের অনুপাতকে আপেক্ষিক গুরুত্ব (Specific gravity) বলে। অর্থাথ বলা যেতে পারে যে কোন বস্তুর ঘনত্ব ও নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় পানির ঘনত্বের অনুপাত হল আপেক্ষিক গুরুত্ব। যেহেতু মেট্রিক পদ্ধতিতে পানির ঘনত্ব ১ গ্রাম/ঘন সেন্টিমিটার; ফলে এই পদ্ধতিতে ঘনত্ব ও আপেক্ষিক গুরুত্বের মান সমান।

গলনাঙ্ক (Melting point) ঃ– কোন কঠিন বস্তু বিশেষ করে ধাতু যে তাপমাত্রায় গলতে শুরু করে অর্থাথ কঠিন অবস্থা হতে তরল অবস্থায় রূপান্তরিত হয় তাকে ঐ বস্তুর গলনাঙ্ক বলে।

যেমন লোহার গলনাঙ্ক ১৫৩৫°C, এলমুনিয়ামের ৬৬০°C। অর্থাৎ এলমুনিয়াম লোহার চেয়ে অনেক কম তাপমাত্রায় গলে যাবে।

তাপ প্রসারনাঙ্ক (Co-efficient of Thermal Expansion) :- তাপে ধাতু আয়তনে বাড়ে। সব ধাতু সমান পরিমাণ বাড়ে না। প্রতি একক ডিগ্রী তাপ মাত্রায় ধাতু প্রসার হওয়ার মানকে তাপ প্রসারনঙ্ক বলে। ধরা যাক তামার তাপ প্রসারনাঙ্ক ০·০০০০১৭ মিটার, প্রতি ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রা বাড়ানোর কারণে হয়ে থাকে। অর্থাৎ দুই মিটার লম্বা একটি তামার দন্ডকে বর্তমান অবস্থা হতে ১০০°C পর্যন্ত অতিরিক্ত তাপমাত্রা প্রয়োগে উহা লম্বায় ০·০০০০১৭ X ২ X ১০০ =·০০৩৪ মিটার = ৩·৪ মিলিমিটার বেড়ে যাবে।

স্থিতিস্থাপকতা (ELasticity) :- কোন বস্তুর উপর চাপ শক্তি বা আঘাত প্রয়োগের ফলে উহার আয়তনের পরিবর্তন হয়। আবার সেই চাপ বা শক্তি সরিয়ে নিলে উহা পূর্বের আকৃতি বা তার কাছাকাছি আকৃতিতে ফিরে যায়। এই ফিরে যাওয়ার ক্ষমতাকে স্থিতিস্থাপকতা বলে। যেমন একটি রাবারকে টেনে ছেড়ে দিলে উহা পূর্বাবস্থায় ফিরে যায়। তেমনি কোন ধাতব বস্তু বা যন্ত্রাংশের উপর আরোপিত চাপ বা শক্তি তুলে নিলে উহা পূর্বাবস্থায় ফিরে যায়। অবশ্য এই পরিবর্তন হার অত্যন্ত কম যা খালি চোখে ধরা পড়ে না। ইলাস্টিসিটি মডোলাস (ELasticity Modulas) দ্বারা এই পরিবর্তনের হারকে বুঝান হয়। ইহা ধাতু শক্তির একটি গুননীয়ক।

কঠিনত্ব (Hardness) :- কোন ধাতুকে অন্য কঠিন ধাতব পদার্থ বা কোন কঠিন বস্তু দ্বারা ভেদ করতে চাইলে তা প্রতিহত করার ক্ষমতাকে ঐ ধাতুর কঠিনত্ব বলে। ধাতুর এই কঠিনত্ব পরীক্ষা করার জন্য ব্রিনেল মেসিন (Brinell Machine), রকওয়েল হার্ডনেস টেষ্টার (Rockwell Hardness Tester) বা ভিকার্স টেষ্টিং মেসিন ব্যবহার করা হয়। এই সব যন্ত্রে নির্ধারিত মাপের কঠিন পদার্থের ধারাল টিপ বা বল অথবা ডায়মন্ডের পিরামিড আকৃতির পয়েন্টার ফিট করা থাকে। এদের যে কোন একটি ধাতুকে নির্ধারিত পরিমাণ চাপ বা আঘাত করলে কি পরিমাণ এবং কতটা ব্যাস নিয়ে ভেদ করল তা থেকে ঐ ধাতুর কঠিনত্ব মাপা যায়। ভেদ করার পরিমাণ যত কম হবে ধাতু তত শক্ত মনে করতে হবে। সেই অনুসারে ব্রিনেল নাম্বার বা সংক্ষেপে HB অথবা রকওয়েল

নাম্বার সংক্ষেপে HRC সংখ্যা দ্বারা কঠিনত্ব চিহ্নিত করা হয়। সংখ্যা যত বেশী হবে ধাতুটি তত কঠিন মনে করতে হবে। সাধারণত HB সংখ্যা বেশী ব্যবহৃত হয়। HB এবং HRC সংখ্যার অনুপাত হল প্রায় ১০:১। এসব পরীক্ষা ছাড়াও ধাতুর কঠিনত্ব অনুমান করা যায়। ধাতু খন্ডকে শান চাকায় ঘর্ষণ করলে বা ফাইল দিয়ে ঘষলে যত কম ক্ষয় হবে ধাতুটির কঠিনত্ব বেশী বুঝতে হবে।

ধাতব পদার্থের শক্তি (Strength of Metal) **:–** কোন ধাতব পদার্থের শক্তি বেশী বললে তার কয়েকটি গুনের সমাহার বুঝায়। যেমন চাপ (Stress), টান শক্তি (Tensile Strength), কঠিনত্ব (Hardness), ভর বহন শক্তি (Ductility) ইত্যাদি গুনের সমাহারের পরিমানকে বুঝায়। তবে কোন ধাতুর টানসহন শক্তি (Tensile Strength) বেশী থাকলে সাধারনতঃ এর শক্তি বেশী বলে গন্য করা হয়। কোন ধাতব পদাথকে টেস্টিং যন্ত্রের মধ্যে রেখে টানতে থাকলে যে সময় উহা লম্বা হয়ে ছিড়ে যাওয়ার উপক্রম হয়, তার পূর্বের অবস্থা পর্যন্ত যে শক্তিতে টানা হয় তাকে টানসহন শক্তি বা টেনসাইল স্ট্রেন্থ বলে। এই টানসহন শক্তি ধাতুর জন্য অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ। কারণ সকল যন্ত্র বা যন্ত্রাংশ কোন না কোন শক্তি দ্বারা টান বা চাপের মধ্যে থাকে। যন্ত্র বা যন্ত্রাংশ তৈরির সময় ঐ টান বা চাপের হিসাব বিবেচনার মধ্যে রাখতে হয়। আরেকটি বিষয় হল এই যে ধাতুর তাপমাত্রা বাড়ালে টানসহন শক্তি কমে যায়। সুতরাং যন্ত্রাংশটি কত তাপমাত্রায় কাজ করবে বা ব্যবহৃত হবে তাও বিবেচনার বিষয়।

মরিচা বা করোসন (Corrosion) **:–** পারিপার্শ্বিক অবস্থার কারণে ধাতুর যে ক্রমাগত ক্ষয় বা লয় (Destruction) হয় তাকে করোসন বা মরিচা পড়া বলে। ইহা ধাতুর রাসায়নিক দোষ বলা যেতে পারে। ধাতুর এই ক্ষতি কেমিক্যাল বা ইলেক্ট্রোকেমিক্যাল প্রক্রিয়ায় সাধিত হয়। জলীয় বাষ্প, গ্যাস, পানি, লবনাক্ত পরিবেশ,অক্সিজেন ইত্যাদির সংস্পর্শে থাকার কারণে ধাতব পদার্থের আবরনে রাসায়নিক বিক্রিয়া হয় এবং মরিচা পড়ে। এভাবে ধীরে ধীরে স্তরে স্তরে ধাতু ক্ষয় হয়ে যায়। কোন কোন ক্ষেত্রে ইহা মারাত্মক ক্ষতিকর পরিস্থিতি সৃষ্টি করে। সব প্রকার ধাতু সমান ধ্বংস প্রাপ্ত হয় না। কোন কোন ধাতুর মরিচা পড়া প্রতিহত করার গুন থাকে। ঢালাই লোহার চেয়ে ইস্পাতের উপর বেশী মরিচা পড়ে। আবার ক্রোম-স্টীল,স্টেইনলেস স্টীল, ব্রোঞ্জ ইত্যাদি ধাতুতে অত্যন্ত কম পরিমাণ করোসন হয়।

ধাতুতে মূলতঃ দুই প্রকারের করোসন হয়ে থাকে। প্রথমত ধাতু তার পারিপার্শ্বিক গ্যাস, বায়ু বা তরল পদার্থের সাথে রাসায়নিক বিক্রিয়ার মাধ্যমে অক্সাইড, সালফাইড ইত্যাদি নাজুক পদার্থে পরিনত হয়ে ক্ষয় হয়। দ্বিতীয়ত যখন ধাতু ক্ষার, এসিড বা লবন জাতীয় পানি বা মাটির মধ্যে থাকে অর্থাৎ একটি বিদ্যুৎ পরিবাহী দ্রবণের মধ্যে থাকে তখন তথায় বৈদ্যুতিক সেলের সৃষ্টি করে। এই পরিস্থিতিতে যখন দুটি ভিন্ন ধাতু নিমজ্জিত থাকে তখন উভয়ের মধ্যে স্বল্প পরিমাণ বিদ্যুৎ প্রবাহ শুরু হয়। ফলে নিয়ম মাফিক যে কোন একটি অর্থাৎ এনোড (Anode) ধাতু ইলেক্ট্রন ছেড়ে দিয়ে ক্ষয় হতে থাকে। যে কোন ধাতুতে প্রথম দিকে যে পরিমানে করোসন শুরু হয় পরে তার মাত্রা কমতে থাকে। কারণ প্রাথমিক করোসনের ফলে ধাতুর উপরে যে আবরন সৃষ্টি হয় তা পরবর্তী ক্ষয় হওয়ার হারকে কমিয়ে দেয়। সেই আবারণ খসে পড়লে আবার মাত্রা সামান্য বাড়তে থাকে। এভাবে বিভিন্ন পদ্ধতিতে সময়ের সাথে ধাতু ক্ষয় প্রাপ্ত হয়।

ধাতুতে এই ক্ষয় বা মরিচা পড়া প্রতিরোধ করার জন্য অনেক পদ্ধতি অবলম্বন করা হয়ে থ্যাকে। তারমধ্যে নিম্নলিখিতগুলি উল্লেখযোগ্যঃ

ক) ধাতুর মিশ্রণ অর্থাৎ যে ধাতুতে বেশী মরিচা পড়ে তার সাথে অন্য মরিচা প্রতিরোধক ধাতু মিশিয়ে সংকর ধাতু তৈরি করা, যাতে করোসন মাত্রা কমে যায়।

খ) পরিবেশকে শোধন বা উন্নত করণের মাধ্যমেও করোসন প্রতিরোধ করা যায় বা করা হয়। যেমন বায়ুর জলীয় বাষ্প ডিহিউমিডিফিকেসনের (Dehumidification) মাধ্যমে শুকিয়ে নেয়া, দূষিত পানিকে পরিশোধন করে যন্ত্রে ব্যবহার করা ইত্যাদি।

গ) ধাতব পদার্থের উপর অক্সাইড পদার্থের স্তর (Film) তৈরী করা যা করোসনকে প্রতিরোধ করে। যেমন– অক্সিডাইজিং (Oxidizing), এনোডাইজিং (Anodizing), নিকেলিং (Nickeling) ইত্যাদি।

ঘ) ধাতুর আবরণে পেইন্ট, গেলভানাইজিং, রেজিন কোটিং (Resin coating), ভার্নিশ ইত্যাদি দিয়েও করোসনকে ঠেকিয়ে রাখা যায়।

ঙ) ইলেক্ট্রোকেমিক্যাল করোসনকে রোধ করার জন্য কোন কোন ক্ষেত্রে কেথডিক প্রটেকসনের (Cathodic Protection) ব্যবস্থা করা হয়। অর্থাৎ বৈদ্যুতিক সেল সৃষ্টির ফলে যেন যন্ত্রাংশ বা প্রয়োজনীয় ধাতুটি ক্ষয় না হয় সেজন্য আলাদা এমন একটি ধাতু ব্যবহার করতে হবে যা এনোড হিসাবে কাজ করবে এবং নিজে ক্ষয় হয়ে যাবে, কিন্তু মূল যন্ত্রাংশের ধাতুকে ক্ষয় হতে দিবেনা; অর্থাৎ যা কেথোড হিসাবে কাজ করবে। হিট-এক্সচেঞ্জার (Heat Exchanger), কনডেনসার, (Condenser) ইত্যাদির ভিতর আলাদা এনোড প্লেট (Anode Plate) লাগানোর ব্যবস্থা থাকে যা ক্ষয়ে পাতলা হয়ে গেলে পরিবর্তন করে দেয়া হয়। এই কেথডিক প্রটেকসন কোন কোন ক্ষেত্রে অন্যভাবেও করা হয়। যেমন মাটির নীচের ধাতব স্ট্রাকচার (Metalic Structure), ট্যাঙ্ক (Tank) এবং লম্বা পাইপ লাইনে এনোড রডের মাধ্যমে পরিমিত বৈদ্যুতিক ইলেক্ট্রন ছাড়া হয় বা উভয়ের মধ্যে বৈদ্যুতিক চাপকে আয়ত্তের মধ্যে রাখা হয়, যে জন্য মূল ধাতু করোসন থেকে বেচে যায়।

ক্রমক্ষয় (Erosion) :–

করোসনের মত ইরোসনেও (Erosion) পদার্থ স্তরে স্তরে ক্ষয়প্রাপ্ত হয়। তবে এর প্রকৃতি ও কারণ ভিন্ন। সময়ের আবর্তনে যে কোন বস্তু স্বীয় গতিতে ক্ষয়প্রাপ্ত হওয়া স্বাভাবিক। যেমন কোন যন্ত্রাংশ একটি অন্যটির সাথে ঘর্ষণের ফলে, পাইপের ভিতর দিয়ে পানি প্রবাহের ফলে বা পারিপার্শ্বিক অন্য কোন প্রভাবে ক্ষয় হয়। স্বাভাবিক অবস্থায় বস্তুর ক্ষয়প্রাপ্ত হওয়াকে ইরোসন বলা চলে না। ইরোসন বলতে কোন বস্তু বা যন্ত্রাংশ বিশেষ কোন কারণে নাতিদীর্ঘ সময়ে স্বাভাবিক মাত্রার চেয়ে অধিক ক্ষয় হয়ে যাওয়াকে বুঝায়। যেমন কনডেনসার বা কোলারের ভিতর দিয়ে নদীর পানি প্রবাহের ফলে যদি টিউব তাড়াতাড়ি অর্থাৎ ৩/৪ বৎসরের মধ্যে ক্ষয়ে গিয়ে ছিদ্র হয়ে অকেজো হয়ে পড়ে, তবে বুঝতে হবে যে পানিতে বেশী বালি বা ময়লা থাকাতে ইরোসন হচ্ছে। প্রবাহিত পানির গতি বেশী হলে বা টিউবের ধাতু দুর্বল হলেও এমন হতে পারে। পদার্থে ইরোসন দেখা দিলে তার সঠিক কারণ বের করে প্রতিকারের ব্যবস্থা গ্রহণ করতে হবে।

পৃথিবীতে অসংখ্য ধাতু যেমন আবিষ্কৃতি হয়েছে, এদের গুণাগুণ, মান ও ব্যবহার যোগ্যতারও যথেষ্ট পার্থক্য আছে। অপর পৃষ্টায় প্রধান এবং অধিক ব্যবহারযোগ্য ধাতু সমূহের একটি নাম তালিকা ও সংশ্লিষ্ট সাধারণ কয়েকটি ধর্মের মান পরের পৃষ্ঠায় উল্লেখ করা হল।

ছক নং— ১, ধাতুর তালিকা ও তাদের কয়েকটি মান

ধাতুর নাম Name of metal	সাংকেতিক নাম Symbol	গলনাংক Melting Point, ^0C	আপেক্ষিক ওজন Sp. Wt gm/cm^3	তাপ প্রসারনাঙ্ক Coeff. of Th. Exp. Per ^0C m/°C	কঠিনত্ব সংখ্যা Hardness No. HB
লৌহ (Iron)	Fe	১৫৩৫	৭·৮৬	০·০০০০১২	৪৫
তামা (Copper)	Cu	১০৮৩	৮·৯	০·০০০০১৭	৩০
দস্তা (Zinc)	Zn	৪২০	৭·১৩	০·০০০০২৬	৩৫
এলুমিনিয়াম (Aluminium)	Al	৬৬০	২·৭	০·০০০০২৪	১৬
সীসা (L ead)	Pb	৩২৭	১১·৩৭	০·০০০০২৯	২·৯
টিন (Tin)	Sn	২৩২	৭·৩	০·০০০০২৩	১৪
নিকেল (Nickel)	Ni	১৪৫৩	৮·৯	০·০০০০১৩	৭০
রৌপ্য (Silver)	Ag	৯৬১	১০·৫	০·০০০০২০	২৭
মলিবডিনাম (Molybdenum)	Mo	২৬১০	১০·২১	০·০০০০০৫	১৬০
টাইটেনিয়াম (Titanium)	Ti	১৮১২	৪·৫২	০·০০০০০৯	১৬০

ধাতুর নাম Name of metal	সাংকেতিক নাম Symbol	গলনাংক Melting Point, ^0C	আপেক্ষিক ওজন Sp. Wt gm/cm^3	তাপ প্রসারনাঙ্ক Coeff. of Th. Exp. Per ^0C m/°C	কঠিনত্ব সংখ্যা Hardness No. HB
ক্রোমিয়াম (Cromium)	Cr	১৪৯২	৭·১	০·০০০০০৭	৭০
টাংষ্টেন (Tungsten)	W	৩৩৮০	১৯·২৭	০·০০০০০৪	২৩০
স্বর্ণ (Gold)	Au	১০৬৩	১৯·৩	০·০০০০১৪	২৫
মেঙ্গানিজ (Manganese)	Mn	১২৪৪	৭·৩	০·০০০০২৪	---
কোবাল্ট (Cobalt)	Co	১৪৯২	৮·৮	০·০০০০১৩	৭৫
কারবন (Carbon)	C	৩৫৫০	২·২৫	০·০০০০০১২	---
ভেনাডিয়াম (Vanadium)	V	১৭৭০	৫·৯৬	--	২৫০
রেডিয়াম (Radium)	Ra	৭০০	৫·০০	০·০০০০০৮	---
ইউরেনিয়াম (Uranium)	U	১১৩২	১৮·৭	--	৯২
প্লাটিনাম (Platinum)	Pt	১৭৬৯	২১·৪৫	০·০০০০০৯	৪২

ধাতুকে সাধারণতঃ দুটি ভাগে ভাগ করা হয়েছে। একটি হল লৌহ জাতীয় ধাতু (Ferrous metal), অন্যটি অলৌহ জাতীয় ধাতু (Non-ferrous metal)। অর্থাৎ লৌহ ও অন্যান্য ধাতুর সাথে মিশ্রিত লৌহকে ফেরাস মেটাল বলে। যেমনঃ–কাষ্ট আয়রন, কার্বন ষ্টীল, টুল ষ্টীল ইত্যাদি। ইহা ছাড়া অন্যান্য ধাতু বা তাহাদের সংমিশ্রনে মিলিত ধাতুকে নন ফেরাস মেটাল বলে। যেমনঃ– তামা, দস্তা, সীসা, কাঁসা, পিতল ইত্যাদি।

ইঞ্জিনিয়ারিং কাজে খাটি ধাতু খুব কম ব্যবহৃত হয়। বেশীর ভাগ ক্ষেত্রে মিশ্রিত ধাতু অর্থাৎ সংকর ধাতু বা এলয় (Alloy) ব্যবহার হয়ে থাকে।

ফেরাস মেটাল ধাতব পদার্থের মধ্যে অতি প্রয়োজনীয় ও সাধারণ ধাতু। একে নিম্নে বর্ণিত কয়েকটি ভাগে ভাগ করা যায়ঃ

পিগ আয়রন (Pig iron) :– খনি থেকে উত্তোলিত আয়রন ওরকে ধৌত করে ব্লাষ্ট ফারনেসে গলিয়ে ছাঁচে ঢালাই করে শুকরের বাচ্চার মত আকৃতি দেয়া হয়। যেজন্য ইহাকে পিগ লৌহ বা পিগ আয়রন বলে। পিগ আয়রনে শতকরা দুই ভাগের বেশী কারবন এবং অন্যান্য পদার্থ যথা ম্যাঙ্গানিজ, সিলিকন (বালি), সালফার, ফসফরাস ইত্যাদি মিশ্রিত অবস্থায় থাকে। পিগ আয়রন অন্যান্য প্রকারের লৌহ এবং ইস্পাত তৈয়ারীর কাজে ব্যবহার হয়।

ঢালাই লৌহ বা কাস্ট আয়রন (Cast iron) :– পিগ আয়রনকে খানিকটা বিশুদ্ধ করে বিভিন্ন প্রকারের ছাঁচে ঢালাই করে যে যন্ত্রাংশ তৈয়ার করা হয় তাকে ঢালাই লৌহ বলে। যে সমস্ত ঢালাই লৌহের মধ্যে কারবন রাসায়নিকভাবে যুক্ত অবস্থায় থাকে তাকে হোয়াইট আয়রন বলে। আর যে সমস্ত ঢালাই লৌহের মধ্যে কারবন মুক্ত অবস্থায় মিশ্রিত থাকে তাহাকে গ্রে কাষ্ট আয়রন বলে।

গ্রে কাষ্ট আয়রন ইঞ্জিনিয়ারিং ক্ষেত্রে যথেষ্ট ব্যবহার হয়ে থাকে। ইহা দ্বারা মেসিনের বেড, যন্ত্রাংশ, কারখানায় যন্ত্রপাতির ফ্রেম ইত্যাদি তৈয়ার হয়ে থাকে। হোয়াইট কাষ্ট আয়রনকে দীর্ঘ সময়ে উত্তপ্ত করে নরম বা মেলিয়েবল কাষ্ট আয়রন (Melleable cast iron) তৈরী করা হয়। এর ভঙ্গুরতা কিছুটা কম থাকে। হোয়াইট বা গ্রে কাষ্ট আয়রণ হতে এর টেনসাইল শক্তি বেশী থাকে।

কাষ্ট আয়রনকে সহজে গলিয়ে ঢালাই কাজে ব্যবহৃত করা যায়। এর মধ্যে খাদ হিসাবে সালফার, সিলিকন, ম্যাঙ্গানিজ ও ফসফরাস অবস্থান করে। এই লোহার আবরণ কঠিন হয় বলে সহজে ক্ষয় হয় না। এতে মরিচা কম ধরে একে গরম করে পিটিয়ে কোন আকৃতি দেয়া যায় না এবং সহজ পদ্ধতিতে ওয়েল্ডিং করা যায় না। কোন প্রকার টেম্পারিং বা তাপ প্রক্রিয়া করা চলে না। ইহার ভিতরের স্ট্রেস দূর করার জন্য এনিলিং করা সম্ভব হয় না। এর গলন তাপমাত্রা ইস্পাতের চেয়ে কম এবং তরলীয় (Fluidity) গুনের জন্য কাস্টিং কাজে বিশেষ উপযুক্ত।

ইস্পাত বা স্টীল (Steel) ঃ– পিগ আয়রন, কাষ্ট আয়রন এবং এর সাথে ইস্পাত স্ক্রে প মিশিয়ে বিভিন্ন প্রকার চুল্লীতে তাপ প্রক্রিয়ার মাধ্যমে যথা, ক্রসিবল প্রক্রিয়া (Crucibile process), ওপেন হার্থ প্রক্রিয়া (Open hearth process), বেসিমার প্রক্রিয়া (Bessemer process) এবং ইলেকট্রিক প্রক্রিয়ায় (Electric process) ইস্পাত তৈরী করা হয়। আসলে ইস্পাত কারবন মিশ্রিত একটি ধাতু বা এলয়। এতে শূন্য হতে শতকরা দুই ভাগ পর্যন্ত কারবন থাকে। অন্যান্য পদার্থ খাদ হিসাবে সামান্য পরিমাণ থাকে। কারবনের পরিমান অনুসারে ইস্পাতকে বিভিন্ন শ্রেণিতে ভাগ করা হয়েছে। যথা–

নরম ইস্পাত (Mild steel)–এই ইস্পাত বা মাইল্ড স্টীল নরম বলে সহজে কাটা যায় এবং ফাইল দিয়ে ঘষে ক্ষয় করা যায। এতে কারবনের পরিমান কম অর্থাৎ ০·১০–০·২৫% থাকে বলে নরম হয়। আবার এই কারণে টেম্পারিং এবং হার্ডেনিং করা যায় না। এই ইস্পাতকে সহজে ফোর্জিং এবং ওয়েল্ডিং করা যায়।

মাইল্ড স্টীল দ্বারা নাট –বোল্ট, গিয়ার, প্লেট, সীট এবং নির্মাণ কাজের জন্য বিভিন্ন প্রকারের রড ও বার তৈয়ার করা হয়।

কারবন স্টীল (Carbon steel) ঃ– কারবন স্টীলে শতকরা ০·২৫ থেকে ২ ভাগ পর্যন্ত কারবন থাকে। কারবনের মাত্রা যত বাড়ে ধাতু ততটা শক্ত হয়, কিন্তু ভঙ্গুরতা দোষ বাড়ে। কারবন থাকার ফলে এই ইস্পাত তাপ প্রক্রিয়ায় পরিমাণ মত শক্ত করা য়ায়। কারবনের মাত্রা অনুসারে এই ইস্পাতকে দুই নামে বিভক্ত করা হয়েছে যেমনঃ মধ্যম কারবন স্টীল (Medium carbon steel),

যাতে কারবনের মাত্রা ০·২৫–০·৫% থাকে এবং উচ্চ কারবন স্টীল (High carbon steel), যাতে কারবনের মাত্রা ০·৫–২% পর্যন্ত থাকে। মিডিয়াম কারবন স্টীল দ্বারা রেল, সাফ্‌ট, ভাল্ব বডি ইত্যাদি তৈয়ার করা হয়। উচ্চ কারবন স্টীল দিয়ে কাটিং টুল, ড্রিল, ডাই, ট্যাপ ইত্যাদি তৈয়ার করা হয়।

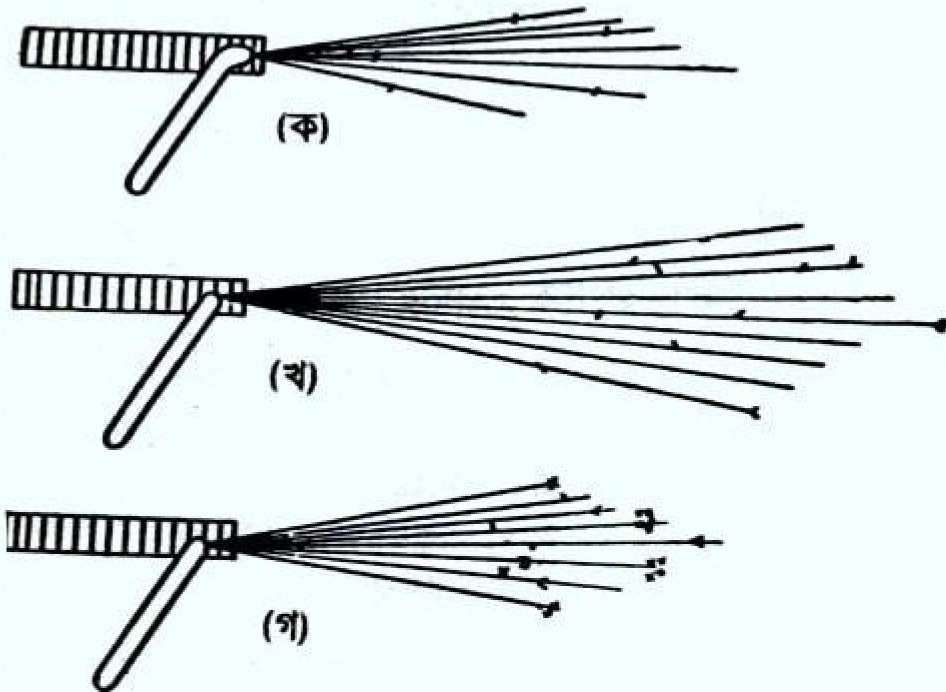
ইস্পাতকে চিনবার কয়েকটি সাধারন পদ্ধতি আছে। ধাতুকে কাটলে বা উপরের অংশকে ঘষে পরিষ্কার করে দেখলে এর দানা বা আঁশ নজরে পড়ে। তাপ প্রক্রিয়ার মাধ্যমে এই দানার গঠন প্রকৃতির পরিবর্তন হয়। ইস্পাতের মধ্যে কারবনের পরিমান অনুসারে এই দানা সরু বা মোটা হয়। মধ্যম এবং উচ্চ কারবনের আঁশ নরম ইস্পাত হতে সুক্ষ্ম হয়। কাষ্ট আয়রনের আঁশ কিছুটা মোটা হয়।

রঙ দেখেও ইস্পাতের পার্থক্য আঁচ করা যায়। নরম ইস্পাতের রং উজ্জ্বল লালচে বা সুরমা রঙএর মত এবং কারবন ইস্পাতের রং উজ্জ্বল কালচে ধরনের হয়। পিগ আয়রন এবং কাষ্ট আয়রনের স্ফটিকের রঙ যথাক্রমে কিছুটা সাদা ও ধুসর রংয়ের হয়ে থাকে।

ইস্পাতের উপর স্ক্রেপার দিয়ে অথবা শক্ত তারকাটা দিয়ে আচড় কেটে বা ফাইল দিয়ে ঘষে অনুমান করা য়ায় এতে কারবনের পরিমান কেমন আছে। যদি দাগ গভীর হয় তাহলে এটাকে নরম ইস্পাত বলা যায়। কারবন ইস্পাতের উপর হালকা আচড় পড়বে। ফাইল দিয়ে ঘষলে ক্ষয় কম হবে। কারবনের পরিমান বেশী হলে দাগ বসানো কঠিন হয়ে পড়ে। অনেক অভিজ্ঞ ব্যক্তিকে দেখেছি ইস্পাতের তৈরী কোন যন্ত্র বা বডির উপর হাতুরী দিয়ে আঘাত করে তার শব্দ শুনে অনুমান করতে পারে যে সেটা কোন ধরনের ইস্পাত। অর্থাৎ ইস্পাতে কারবনের পরিমান যত বেশী হবে আওয়াজ তত কড়া বেরুবে।

যে কোন ধাতুকে যান্ত্রিক বা রাসায়নিক পরীক্ষা নীরিক্ষার মাধ্যমে সঠিক ভাবে বলা যায় যে এটা কি ধাতু এবং ইস্পাত হলে এতে কি পরিমান কারবন এবং অন্যান্য মিশ্রন আছে ইত্যাদি। কিন্তু এ ধরনের পরীক্ষা সহজলভ্য নয় এবং সর্বক্ষেত্রে সঠিক নির্নয় নিস্প্রয়োজন। যন্ত্র সংরক্ষণ ক্ষেত্রে বেশীর ভাগ সময়ে সঠিক অনুমানই যথেষ্ট বলে মনে করি।

উপরে উল্লেখিত বিষয়গুলি ছাড়া সঙ্গে সঙ্গে আরেকটি পরীক্ষা দ্বারা ইস্পাতকে কিছুটা নিরূপণ করা যায়। সেটা হল ইস্পাতে স্ফুলিংগ রশ্মি পরীক্ষা। ইস্পাত বা ইস্পাত খণ্ডকে শান চাকায় গ্রাইন্ডিং করলে যে আলোর রেখা সমূহ নির্গত হয় তার রং ও আকার দেখে ইস্পাতের প্রকার নির্ণয় করা যায়। যেমন, (ক) নরম ইস্পাত বা স্টীল হলে নির্গত আলোর রাশ্মি সরু ও মিহি হবে। স্ফুলিংগ কনা কম হবে। (খ) মধ্যম কারবন স্টীল হলে নির্গত আলোর রশ্মি সুরু হবে তবে ততটা মিহি হবে না। রশ্মিরেখা লম্বা হবে এবং মাথায় স্ফুলিঙ্গ কণা থাকবে। (গ) উচ্চ কারবন স্টীল হলে আলোক রশ্মি মোটা এবং লম্বা হবে। এর সাথে উজ্জ্বল হলুদ বর্ণের বড় স্ফুলিঙ্গ কণা বেরুবে। নীচের চিত্রে আলোক রশ্মির নমুনা দেখানো হয়েছে।



চিত্র নং—১, ইস্পাত নিরূপণ রশ্মি প্রকৃতি।

কারবনের মাত্র যত বেশী হবে রশ্মি রেখা তত বেশী বেরোবে এবং স্ফুলিঙ্গ বড় ও উজ্জ্বল হবে। বিভিন্ন ধরনের পরীক্ষাগুলির মাধ্যমে ইস্পাতের পার্থক্য সম্পর্কে অভিজ্ঞতা অর্জন করা যেতে পারে যা পরবর্তী সময়ে কাজে লাগবে।

ইস্পাতের বার এবং প্লেটকে বাণিজ্যিকভাবে বিক্রয়ের সময় কারবনের পরিমান অনুসারে একে চিনবার সুবিধার্থে বিভিন্ন প্রকারের রং দ্বারা পেইন্ট করা হয় বা রং দ্বারা চিহ্নিত করা থাকে।

কারবনের পরিমাণ অনুসারে ইস্পাতের কালার কোড নিম্নরূপ হয়ে থাকেঃ–

০·১% কারবন থাকলে কাল রং
০·১৫% কারবন থাকলে সবুজ রং
০·২–০·২৫% কারবন থাকলে রং হবে হলুদ
০·৪–০·৪৫% " " " " " পিন্‌ক
০·৪৫–০·৫৫% " " " " " লাল
০·৫৫–০·৬৫% " " " " বেগুনি
০·৬৫–১·৩% " " " " ব্রাউন

মিশ্র ইস্পাত (Alloy steel)

লৌহ বা ইস্পাতের সাথে কারবন ছাড়াও অন্যান্য উপাদান মিশ্র করে উন্নত মানের যে ইস্পাত তৈয়ী করা হয় তাকে মিশ্রিত ইস্পাত বা এলয়ষ্টীল বলে। এ উপাদান বা মৌলিক ধাতু সমূহের মধ্যে ক্রোমিয়াম, নিকেল, ভেনাডিয়াম, মোলিবডিনাম, টাঙ্গস্টেন, এলুমিনিয়াম, কোবাল্ট, সিলিকন, মেঙ্গানিজ, কপার বা তামা এবং টিটানিয়াম উল্লেখ যোগ্য।

এইসব উপাদান দুই বা ততোধিক একত্রে ইস্পাতের সাথে মিশ্রিত হতে পারে। এই উপাদান গুলি মিশ্র বা সংকর ইস্পাতে নিজস্ব গুণাবলী দ্বারা প্রভাবিত করে এবং সম্মিলিত ভাবে নুতন গুনাগুনের সৃষ্টি করে।ইস্পাতের সাথে এই মিশ্রনের প্রধান উদ্দেশ্য একে আরো শক্তিশালী করা এবং এর ভৌতিক ও

রাসায়নিক গুনাগুনের উন্নতিকরণ। মিশ্রনের ফলে ধাতুর তাপ বহন ক্ষমতা, ক্ষয়রোধ ক্ষমতা, টানশক্তি, এবং কঠিনত্ব বেড়ে যায়। সহজে মরিচা ধরে না।

তাপ প্রক্রিয়ার মাধ্যমে ধাতুর গভীরতর স্তর পর্যন্ত শক্ত করা যায়। উচ্চ কারবন স্টীলের যন্ত্র বা যন্ত্রাংশে তাপ প্রক্রিয়ার পর তাড়াতাড়ি ঠান্ডা করতে গেলে ফেটে যায়। যা এলয় ইস্পাতে হয় না। এলয় স্টীলকে তাপ ও ঠান্ডা ক্রিয়া করার সময় মেঙ্গানিজ ছাড়া অন্যান্য উপাদানগুলি স্টীলের আভ্যন্তরীণ দানা সমূহকে সুন্দর ও মিহিভাবে গঠন করে। কারিগরি ক্ষেত্রে অসংখ্য প্রকারের ও বিভিন্ন অনুপাতের মিশ্র বা এলয় স্টীল ধাতু বর্তমান যুগে ব্যবহৃত হয়ে থাকে। এখানে প্রধান এবং গুরুত্বপূর্ণ কয়েকটি এলয় স্টীলের কথা উল্লেখ করব। যথা–

ক্রোমিয়াম ইস্পাত (Chromium steel) :–

ইস্পাতের সাথে ক্রোমিয়াম মিশ্রনের মাধ্যমে ক্রোমিয়াম ইস্পাত তৈরী করা হয়। ক্রোমিয়াম মিশ্রনের ফলে ইহা খুব শক্ত ও কঠিন হয়। ক্ষয় রোধ ক্ষমতা ও মরিচা পড়া রোধ করার ক্ষমতা বাড়ে। সাধারণ ভাবে ০·৫ হতে ৫·০% ক্রোমিয়াম মিশান হয়ে থাকে। বিশেষ কাজে আরো বেশী পরিমাণের ক্রোমিয়াম মিশান হয়। এর মিশ্রনের ফলে তাপ রোধ (Heat resistant) ক্ষমতা বেড়ে যায়। ক্রোমিয়ামের পরিমাণ যত বেশী হবে তাপ রোধ ক্ষমতা তত বাড়বে।

যে কাজে ক্ষয় রোধ ক্ষমতা সম্পন্ন ও উচ্চ কাঠিন্য ধাতুর প্রয়োজন, সেখানে ক্রোমিয়াম স্টীল ব্যবহার হয়। ইহা দ্বারা বহুবিধ জিনিষ তৈরী হয়। যথা বিয়ারিং'এর বল, রোলার, ইঞ্জিন ভালব, স্থায়ী চুম্বক ইত্যাদি। বিভিন্ন যন্ত্রাংশের উপর কঠিন আবরণ দেয়ার জন্য ক্রোমিয়াম স্টীল ব্যবহার হয় এবং এতে উজ্জ্বলতা বাড়ে।

নিকেল ইস্পত (Nickel Steel) :–

ইস্পাতের সাথে নিকেলের মিশ্রনে ধাতুর অনেক গুনাগুন বেড়ে যায়। সাধারণত ৫% নিকেল ও ·২–১% কারবন মিশ্রন এই এলয়ে থাকে। ২২% নিকেল মিশালে লোনা পানিতেও নিকেল ইস্পাতে মরিচা ধরে না। ফলে সমুদ্রগামী জাহাজের পাম্প, ভাল্বের স্টেম ও অন্যান্য যন্ত্রাংশে এই সংকর ধাতু বেশী ব্যবহার হয়। ২৪% হতে ৩২% নিকেল মিশ্রনে বিদ্যুৎ রেসিস্টেন্স ক্ষমতা

বেড়ে যায়, ফলে ইহা দ্বারা হিটিং কয়েল তৈরী করা যায়। তাপের পরিমাণ কম বেশীতে নিকেলের দৈর্ঘ্য পরিবর্তন খুব কম হয়। ৩৬% নিকেল মিশিয়ে ইনভার (Invar) নামক এক সংকর ধাতু তৈরী করা হয় যা ঘড়ির পেন্ডুলাম, বেলেন্স এবং সার্ভেয়ার যন্ত্রপাতি তৈরীতে ব্যবহৃত হয়।

টাংগস্টেন স্টীল (Tungsten steel) :— টাংগস্ট্যান একটি মূল্যবান ধাতু। লৌহ বা ইস্পাতের কারবনের সাথে টাংস্টেন মিশে ইহা শক্ত কারবাইড গঠন করে। টাংস্ট্যান এলয়ের মধ্যে গভীর ও সুক্ষ্ম দানা সৃষ্টি করে ধাতুকে মজবুত করে। টাংগস্টেন স্টীল দ্বারা বিভিন্ন প্রকার কাটিং টুলস তৈরী হয়।

স্টেনলেস স্টীল (Stainless steel) :—

এলয় জগতে স্টেনলেস স্টীল অত্যন্ত পরিচিত একটি নাম। এই ইস্পাতে শতকরা ৪ থেকে ২৫ ভাগ ক্রোমিয়াম এবং ২ থেকে ২০ ভাগ নিকেল মিশ্রিত থেকে। এই এলয় শক্ত ও ক্ষয় রোধ ক্ষমতা খুব বেশী। এতে সহজে মরিচা ধরে না। এই এলয় বহুবিধ কাজে লাগে। জাহাজ বা লঞ্চের পাখার সাফ্‌ট, রসায়ন শিল্পের বিভিন্ন যন্ত্রপাতি এবং পাম্প এই এলয় দ্বারা তৈরী হয়। বাসন পত্র, ছুড়ি, আসবাবপত্র এবং অলঙ্কারাদি তৈরীতে স্টেনলেস স্টীল প্রচুর পরিমাণে ব্যবহার হয়ে থাকে। ইহা চুম্বক দ্বরা আকর্ষিত হয়না।

হাই স্পীড ইস্পাত (High speed steel) :— হাইস্পীড ইস্পাত অনেক ধরনের হয়ে থাকে। তবে অধিক ব্যবহৃত হাই স্টীলে শতকরা ১৮ ভাগ টাংস্টেন, ৪ ভাগ ক্রোমিয়াম ও একভাগ ভেনাডিয়াম থাকে। একে ১৮–৪–১ ইস্পাতও বলা হয়ে থাকে। একে বার বার উত্তপ্ত করলেও গুনাগুনের পরিবর্তন হয় না। এই ইস্পাত বাটালি, ক্ষুর, ছেনি, ড্রিল, ট্যাপ ও মেসিনের জন্য কাটিং টুল তৈরীতে অধিক ব্যবহার হয়।

অলৌহ মিশ্র ধাতু (Nonferous alloys)

লৌহ বা ইস্পাত ছাড়া অন্যান্য ধাতুর মিশ্রনে যে এলয় তৈরী হয় তাকে অলৌহ বা লোহা বিহীন মিশ্র বা সংকর ধাতু বলে। বিশেষ বিশেষ কাজে সঠিক ও উন্নতমানের গুনাগুন পাওয়ার জন্য এই মিশ্রন করা হয়। যেমন পিতল বা

ব্রাস'এ ৬০ ভাগ তামা ও ৪০ ভাগ দস্তা থাকে। ইহা তামা হতে শক্ত হয় যা দ্বারা বিভিন্ন প্রকার ফিটিংস তৈরী হয়। এভাবে অন্যান্য এক বা ততোধিক ধাতুর মিশ্রনে নুতন অলৌহ মিশ্র ধাতু সৃষ্টি করা হয়। এখানে বিশেষ কয়েকটি অলৌহ মিশ্র ধাতুর কথা উল্লেখ করব। যথা–

ব্রোঞ্জ (Bronge) ঃ– তামা ও টিনের মিশ্রনে ব্রোঞ্জ এলয় বা কাঁসা তৈরী হয়। এর সাথে অল্প পরিমাণে অন্যান্য ধাতুও থাকতে পারে। সাধারণ ব্রোঞ্জে ৫% থেকে ৭% টিন থাকে। টিনের ভাগ ১০% বা তার বেশী হলে ইহা উত্তম এন্টিফ্রিকসন ধাতুতে পরিনত হয় যাহা দ্বারা বিয়ারিং তৈরী করা হয়। ৫–৬% টিন মিশ্রিত এলয় দিয়ে মুর্তি বা বাসনপত্র তৈরী করা যায়। ২০% টিন মিশিয়ে বেল মেটাল (Bell metal) তৈরী করা হয়।

তামার সাথে ১১% এলুমুনিয়াম মিশিয়ে এলুমুনিয়াম ব্রোঞ্জ তৈরী হয়। ইহার মরিচা রোধ ক্ষমতা বেশী থাকে। তামার সাথে টিন, নিকেল, এলুমিনিয়াম বা অন্য ধাতু মিশ্রিত করে ইমিটেসন গোল্ড তৈরী করা হয়।

শতকরা ৮৮ ভাগ তামা, ১০ ভাগ টিন ও ২ ভাগ দস্তা মিশিয়ে বন্দুক ধাতু বা গান মেটাল তৈরী করা হয়। ইহা সামুদ্রিক জাহাজের যন্ত্রাংশ ও ফিটিংস তৈরীতে ব্যবহার হয়। আগের দিনে বন্দুকের নালি তৈরীতে ইহা ব্যবহার হত বলে গান মেটাল (Gun metal) নামে পরিচিত। ৫% তামা, ৮৫% টিন, ১০% এন্টিমনি দিয়ে বেবিট মেটাল (Babbit metal) তৈরী হয় যাহা উচ্চ গতি এবং চাপ বহন করতে পারে। এ জন্য বেবিট মেটাল শেল বিয়ারিং তৈরীর কাজে ব্যবহৃত হয়।

ব্রাস (Brass) ঃ– তামা ও দস্তা মিশিয়ে ব্রাস বা পিতল তৈরী করা হয়। ইহা ব্রোঞ্জের চেয়ে দামে সস্তা। কারিগরি ক্ষেত্রে এর যথেষ্ট ব্যবহার আছে। কেননা একে সহজে ফোর্জিং, প্রেসিং ও ড্রয়িং করে আকার পরিবর্তন করা যায়। মিসিনে কাটাও সহজ। মরিচা ধরে ক্ষয় হয়না। এর সাথে অল্প পরিমান টিন এবং সীসা মিশিয়ে বিশেষ গুন পাওয়া যায়। ব্রাসের মধ্যে দস্তার মাত্রা ৪–৪০% পর্যন্ত থাকতে পারে। দস্তার মাত্রা যত বেশী হবে ইহা তত শক্ত ও চাপ সহনীয়ক হবে।

পিতল দ্বারা টিউব, সিট, তৈজস পত্র, স্ক্রু ইত্যাদি তৈরী করা হয়। তামা ও দস্তার সাথে সীসা মিশিয়ে উচ্চ গতি সহায়ক বিয়ারিং মেটাল তৈরী করা যায়।

কাপ্রোনিকেল (Cupronickel) :– তামা ৭০% ও নিকেল ৩০% মিশ্রিত করে কাপ্রোনিকেল এলয় তৈরী হয়। ইহা কনডেনসার টিউব তৈরীতে ব্যবহার হয়, কারণ এতে মরিচা পড়ে না এবং তাপ পরিবহন ক্ষমতা আছে।

কানাডার এক খনিতে এই সংকর ধাতুর আকর (Ore) পাওয়া যায় যার মধ্যে ৬৭% নিকেল, ২৮% তামা এবং বাকী অংশ লৌহ, ম্যাঙ্গানিজ, কোবাল্ট মিশ্রিত অবস্থায় থাকে। এই ধাতুকে মোনেল মেটাল (Monel metal) বলে। উচ্চতাপেও ইহা যথেষ্ট শক্তিশালী থাকে এবং এতে মরিচা না ধরার ক্ষমতাও বেশী। ইহা দ্বারা ভাল্ব, পাম্প সফ্ট, পাম্প লাইনার ও লোনা পানিতে ব্যবহারের জন্য বিভিন্ন যন্ত্রাংশ এবং ফিটিংস তৈরী হয়।

সাদা সোনা (White gold) :– হোয়াইট গোল্ডে ৮২% সোনা ও ১৮% নিকেল থাকে। অলঙ্কার তেরীর কাজে বর্ত্তমানে প্রচুর ব্যবহার হয়।

স্টেলাইট (Stellite) :– কোবাল্ট ও ক্রোমিয়াম মিশ্রিত হয়ে ষ্টেলাইট ধাতু হয়। ইহাতে মরিচা ধরতে পারে না বলে সার্জিকাল যন্ত্রপাতি ও কাটলারী তৈরীতে লাগে।

ওয়াই এলয় (Y-alloy):– এলুমিনিয়ামের সাথে তামা, মেগনিশিয়াম ও নিকেলের মিশ্রনে ওয়াই এলয় হয়। ইহা তাপে কম বর্ধিত হয় বলে ইন্টারনাল কম্বাসন ইঞ্জিনের পিস্টন তৈরীতে ব্যবহার হয়।

এলুমিনিয়ামের সাথে বিভিন্ন মাত্রায় লোহা, তামা, সিসা, সিলিকন, নিকেল, টিটানিয়াম ইত্যাদি ধাতু মিশ্রিত করে বিশেষ ধাতু তৈরী করা হয়। যা হালকা অথচ শক্ত এবং উচ্চ তাপমাত্রায় যথেষ্ট চাপ সহন শক্তি রাখে। এই ধাতু ইঞ্জিন তৈরীতে, বিশেষ করে উড়োজাহাজ তৈরীর কাজে বেশী ব্যবহৃত হয়। R.R-56 রোলস রয়েস কম্পানীর সৃষ্ট একটি এলুমুনিয়াম মিশ্রিত ধাতু যা তারা উড়োজাহাজের ফ্রেম ও ইঞ্জিনের অংশ তৈরীতে ব্যবহার করে।

পৃথিবীতে অসংখ্য রকম ধাতু ও সংকর ধাতু ব্যবহার হয়ে থাকে। এর রকমফের, গুনাগুন এবং উপাদান সমূহ অনুসারে এত নামকরণ সম্ভব নয়। ফলে প্রত্যেক দেশে আলাদা নাম্বার বা সাংকেতিক সংখ্যা দিয়ে বিভিন্ন সংকর ধাতু এবং বিভিন্ন প্রকারের ইস্পাতকে চিহ্নিত করা হয়েছে। আন্তর্জাতিক ভাবে গ্রহণযোগ্য নাম্বারও আছে। প্রত্যেক দেশে তাদের জিনিষ পত্রের মান ও গুনাগুন গঠন উপাদান এবং বিনির্দেশ (Specification) বিচারের জন্য ও চিহ্নিত করার জন্য সংস্থা আছে, যাকে স্ট্যান্ডারাইজেসন সংস্থা (Standarisation organisation) বলে। তাদের দেয়া সংকেতকে স্টান্ডার্ড কোড (standard code) বলে। সেই অনুসারে আদর্শ মান (Standard) তালিকা থাকে যা থেকে বস্তুটির ধর্ম সম্পর্কে ধারনা করা যায়। ইহা ছাড়াও অনেক দেশে সাংকেতিক চিহ্ন বা অক্ষর ও সংখ্যা দ্বারা ধাতব পদার্থ বা মিশ্র ধাতব পদার্থকে নামকরণ করা হয়ে থাকে। এখানে ইস্পাত বা স্টীল এবং তাদের মিশ্র ধাতুকে কিভাবে সংক্ষেপে নামকরণ বা চিহ্নিত করণ হয়ে থাকে তাহা নমুনা স্বরূপ প্রকাশ হল।

১। স্টীল (Steel) ঃ-

St = স্টীল, St 45= স্টীল–যার কমপক্ষে টান সহন শক্তি (Tensile strength) হল 45 kgf/mm^2, St 45.8= স্টীল–যার টান সহন শক্তি 45 kgf/mm^2 এবং তাপমাত্রা সহন শক্তির গ্রেড–৮

C= কারবন, C 35 = কারবন স্টীল–যার মধ্যে গড়ে ০·৩৫% কারবন আছে।

T=টুলস্টীল, T 90.2= টুলস্টীল–যাতে ০·৯০% কারবন আছে এবং চুল্লি বিশুদ্ধ করনের দিক থেকে ২ নং গ্রেডের।

২। ঢালাই লৌহ (Cast steel or iron) ঃ -

GS or CS=Cast steel, GS−52 = ঢালাই স্টীল যার টান সহন শক্তি 52 kgf/mm^2।

GG or FG=Gray cast iron, GG− 32 = গ্রে ঢালাই লৌহ-যাহার টান সহন শক্তি 32 kgf/mm^2,অর্থাৎ পাশে সংখ্যা থাকলে তাহা দ্বারা টান সহন শক্তির পরিমান বুঝাবে। আক্ষরিক নাম অনুসারে কয়েকটি ঢ'লাই লোহার সংকেত নিম্নরূপ।

GH=Chill cast iron

GT =Malleable cast iron

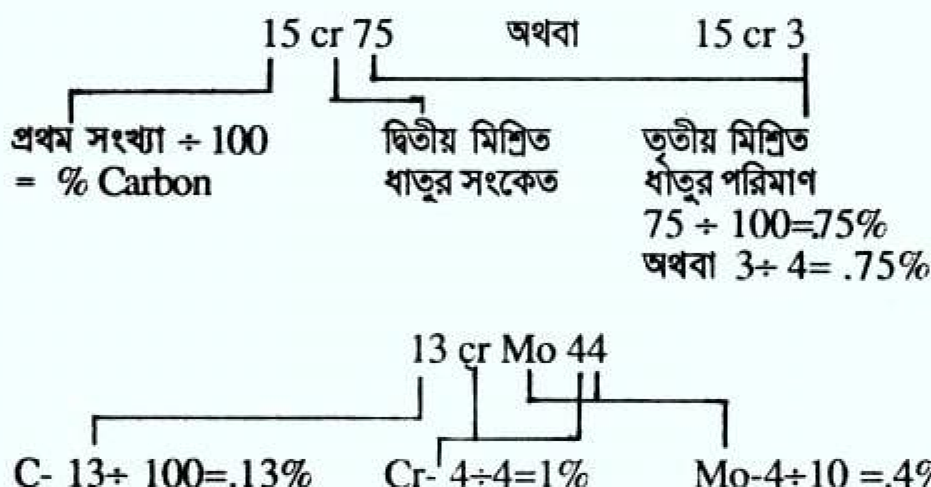
CSH=Heat resistant steel castings

CSC=Corrosion resistant steel castings ইত্যাদি -

৩। সংকর স্টীল **(Alloy steel) :-**

এলয় স্টীলকে তার মিশ্রিত অন্যান্য ধাতুর পরিমাণ অনুসারে দুই ভাগে ভাগ করা হয়েছে। যদি মিশ্রিত ধাতু সমুহের মোট পরিমান ৫% এর কম হয় তাহলে তাকে লো এলয় স্টীল (Low alloy steel) বলে। যদি মোট পরিমাণ ৫% এর বেশী হয় তাহলে হাই এলয় স্টীল (High alloy steel) বলে।

ক) লো এলয় স্টীলের উদাহরন ও তার মিশ্রন মাত্রার সংকেত নিম্নরূপ হয়, যেমনঃ-



উপরের উভয় এলয়ে মোট মিশ্রিত ধাতুর পরিমাণ ৫% এর কম। আরেকটি লক্ষ্য করার বিষয় হল যে কারবনকে বুঝাবার জন্য কারবন বা C দেয়া হয় নাই। মূল ধাতু স্টীল'এর জন্য St লিখা বা তার পরিমাণ সংকেত নাই। অর্থাৎ মোট মিশ্রিত ধাতুর পরিমাণ বাদ দিলে স্টীলের পরিমাণ পাওয়া যাবে।

খ) হাই এলয় স্টীলকে বোঝাবার জন্য সংকেত মালার পূর্বে X ব্যবহার করা হয় এবং মিশ্রিত ধাতুর পরিমাণের হিসাবও পরিবর্তন হয়ে যায়। যেমনঃ–

X 20 Cr Ni 18 2 অথবা X 20Cr 18 Ni 2

High alloy
20 ÷ 100 =0.2% of C
18 = 18% of Chrom.
2 = 2% of Nickel

উপরের এলয়ে মোট মিশ্রিত ধাতুর পরিমান ২০·২০% অর্থাৎ ৫% এর বেশী বলে ইহা হাই এলয় স্টীল। এখানে Cr বা Ni এর মাত্রাকে ১০০ বা ১০ দিয়ে বিভক্ত করা হয় নাই।

ইহা ছাড়াও Metallurgical operation, বিশেষ গুনাগুন ও Mode of treatment 'এর ভিন্নতা চিহ্নিত করণের জন্য বিশেষ বিশেষ অক্ষর ব্যবহার হয়ে থাকে।

যেমনঃ– B=Acid Bessemer carbon steel

Gs-B 40=Bessemer carbon steel যার Tensile strength হল 40 kgf/mm^2

A = Non-ageing. N = Normalised

Ast 42 N=Non-ageing steel, Tensile strength হল 42 kgf/mm^2 এবং তাপ ক্রিয়ার দ্বারা normalised করা হয়েছে।

আবার একই দেশে ভিন্ন ভিন্ন ইন্সটিটিউট বা Testing সংস্থা আছে যারা তাহাদের নিজস্ব Standardisation code ব্যবহার করে থাকে। পরের পৃষ্ঠায় বিশেষ পরিচিত কয়েকটি দেশের আদর্শমান বা standard এর সাংকেতিক নাম ও তাদের সংস্থার নাম দেয়া হল।

সংকেতিক নাম	দেশের নাম	সংস্থার নাম
DIN	জার্মানী	Deutscher Nonmenauschuss
WBL	জার্মানী	Vereins Deutscher Eiseuhuttente Werkstoffbist
BS	ইংল্যান্ড	British Standard Institute
AFNOR	ফ্রান্স	Association Francaise de Normalisation
JIS	জাপান	Japanese Industrial standard
SAE	আমেরিকা	Society of American Engineers
AISI	আমেরিকা	American Iron and Steel Institute
ASTM	আমেরিকা	American Society of Testing and Materials
IS	ইন্ডিয়া	Indian Standard
BSI	বাংলাদেশ	Bangladesh Standard Institute

বিদেশের বাজারে যে কোন উৎপাদিত দ্রব্য বা Products' এর উপর এই আদর্শ মানের কোড নম্বর দেয়ার প্রথা আছে। ধাতু বা ধাতব জিনিষ পত্রের উপরও স্ট্যান্ডার্ডের সিল বা সাংকেতিক চিহ্ন থাকে। যে কোন দেশের একটি সাংকেতিক নম্বর থাকলে তার সমমান অন্যটি কি হবে তালিকা থেকে জানা যায়। ধাতুর ইনগট, প্লেট, টিউব চেনেল বা যে কোন জিনিষ ক্রয় করার সময় এই কোড দেখে এর উপাদান সমূহ এবং গুনাগুন কি জানা যায়। সে অনুসারে কি কাজে ব্যবহারের উপযুক্ত তা বুঝা যায়। মেইনটেনেন্স কাজে ব্যবহৃত কয়েকটি সাধারণ ধাতুর পরিচয়, উপাদান সমূহ ও প্রয়োগ ক্ষেত্র পুস্তকের পরিশিষ্টাংশের দুটি টেবিলে দেয়া হয়েছে।

ধাতুর তাপ প্রক্রিয়া (Heat treatment of metal)

দেখা গেছে যে ধাতুকে উত্তপ্ত করে হঠাৎ ঠান্ডা করলে উহা কঠিনতা লাভ করে। কিন্তু ভঙ্গুরতার দোষ বেড়ে যায়। এই ভঙ্গুরতা স্বভাব দূরীকরনের জন্য পুনরায় ধাতুকে নির্দিষ্ট মাত্রায় উত্তপ্ত করে ধীরে ধীরে ঠান্ডা করলে এর স্বাভাবিকত্ব ফিরে আসে। কামারশালায় ইস্পাতকে এইরূপ ভাবে গরম ও ঠান্ডা করার প্রক্রিয়া আমরা দেখি। এই ধরনের প্রক্রিয়ায় ইস্পাতের অভ্যন্তরের গঠন প্রকৃতি ও স্ফটিকের আকৃতি পরিবর্তন হয়ে থাকে। ফলে এর গুনেরও পরিবর্তন হয়ে যায়। বিভিন্ন যন্ত্রাংশ তৈরী করতে, ঢালাই কাজে, ওয়েলডিং কাজের পরে ইহাকে অধিক গুনের ও ব্যবহার উপযোগী করার জন্য বিভিন্ন ধাপে তাপ প্রক্রিয়া

প্রয়োগ করা হয়।সুতরাং কোন ধাতুকে বিশেষ করে ইস্পাতকে বা ইস্পাত নির্মিত যন্ত্রাংশ ও টুলস্কে বিশেষ বিশেষ তাপমাত্রা পর্যন্ত উত্তপ্ত করে উহাকে বিভিন্ন প্রক্রিয়ায় হঠাৎ বা ধীরে ধীরে ঠান্ডা করাকে হিট-ট্রিটমেন্ট (Heat treatment) বা তাপ প্রক্রিয়াকরণ বলে। তাপ প্রক্রিয়ার সাধারণ পদ্ধতিগুলি হল এনিলিং, নরমালাইজিং, হার্ডেনিং ও টেম্পারিং।

এনিলিং (Annealing) বা নরম করণঃ– বিভিন্ন পদ্ধতির মাধ্যমে ধাতু দ্বারা যন্ত্রাংশ তৈরী করার পর ইহা শক্ত, অভ্যন্তরে অসম স্ট্রেস এবং অন্যান্য দোষে আক্রান্ত হয়ে থাকে। এনিলিং'এর মাধ্যমে এই দোষগুলি অপসারিত হয়। যন্ত্রাংশকে একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করে ধীরে দীরে কোন ফারনেস বা বাক্সের মধ্যে শীতল করা হয়।

কত তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হবে ইহা বিবেচ্য বিষয়। ইস্পাত হলে তাহা নির্ভর করবে ইহার সংযুক্ত কারবনের পরিমানের উপর। সাধারণত ৭০০°C পর্যন্ত উত্তপ্ত করে শীতল করা হয়। কা ন স্টীল হলে প্রতি ঘন্টায় ৫০°C–১০০° C হারে, এলয় স্টীল হলে প্রতি ঘন্টায় ২০°C–৬০°C হারে এবং শেষে বাতাসে রেখে ঠান্ডা করা হয়।

নরমালাইজিং (Normalising) বা স্বাভাবিকরণ :– যন্ত্রাংশকে শীতল বা উত্তপ্ত অবস্থায় পিটান, কাটা, জোড়া লাগান বা মেসিনিং করার পর এর অভ্যন্তরে যে অস্বাভাবিক গঠন ও দোষের সৃষ্টি হয় তাকে সাধারণ পর্যায়ে নিয়ে আসাকে নরমালাইজিং বা স্বাভাবিকরণ বলে।

নরমালাইজিং করার পদ্ধতি হল যন্ত্রাংশকে নির্দিষ্ট তাপমাত্রা পর্যন্ত গরম করে ঐ তাপমাত্রায় ২–৩ ঘন্টা পর্যন্ত ধরে রেখে অতপর ধীরে ধীরে বাতাসে ঠান্ডা করা। আবদ্ধ চুল্লীতে যন্ত্রাংশকে রেখে ধীরে ধীরে নির্দিষ্ট পরিমান গরম করে ঐ অবস্থায় আবদ্ধ রেখে ধীরে ধীরে ঠান্ডা করেও নরমালাইজিং করা হয়।

নরমালাইজিং করার ফলে যন্ত্রাংশ কিছুটা শক্ত হয়, দীর্ঘ দিন টিকসই হয় এবং মেসিনিং করার উপযুক্ত হয়।

হার্ডেনিং (Hardening) বা কঠিনতা প্রাপ্তিকরণ :– ধাতু বা ইস্পাতের তৈরী যন্ত্রাংশকে পরিমাণ মত শক্তিশালী এবং ক্ষয়রোধ ক্ষমতা

বাড়ানোর জন্য হার্ডেনিং করা হয়। যন্ত্রাংশকে উচ্চ তাপে উন্নীত করে হঠাৎ তরল পদার্থে ঠান্ডা বা কোয়েঞ্চিং করে কঠিন করা হয়। পানি, তেল বা লবন মিশ্রিত পানির যে কোন একটি তরল পদার্থ প্রয়োজন মাফিক ঠান্ডা করণ কাজে ব্যবহার হয়েথাকে।

মধ্যম কারবন যুক্ত ইস্পাত (০·৩৫% এর বেশী কারবন) সরাসরি পদ্ধতিতে কঠিন করা যায়। কিন্তু নিম্ন কারবন যুক্ত ইস্পাত (০·২৫% এর নীচে কারবন) কারবুরাইজিং' এর মাধ্যমে শক্ত বা কঠিন আবরন যুক্ত করা হয়। অনেক যন্ত্র বা যন্ত্রাংশ আছে যার উপরিভাগ কঠিন ও শক্ত হওয়া প্রয়োজন। কিন্তু ভিতরের অংশ নরম হলেও চলে। যেমন, গিয়ার, কলার, স্পিন্ডেল ইত্যাদি। এই সব যন্ত্রাংশের আবরণে কারবন যুক্ত করে অর্থাৎ যন্ত্রাংশকে কাঠকয়লা, পাথরে কয়লা বা বেরিয়াম কারবনেট ইত্যাদির মাধ্যমে ডুবিয়ে বা আবদ্ধ রেখে উত্তপ্ত করতে হয়। কঠিন আবরণ গভীরতা যতটুকু প্রয়োজন সেই অনুসারে তাপ এবং কারবন যুক্ত মাধ্যম ও প্রক্রিয়ার সময় নির্ভর করবে।

টেম্পারিং (Tempering) বা তাপান্বিকরণ :— ধাতু বা ইস্পাত নির্মিত যন্ত্র বা যন্ত্রাংশকে হার্ডেনিং করার পর এর ভঙ্গুরতা ধর্ম বেড়ে যায় এবং কাজের অনুপযুক্ত হয়ে পড়ে। ফলে হার্ডেনিং' এর পর যন্ত্রাংশকে টেম্পারিং করে অভ্যন্তরীন স্ট্রেস মুক্ত করা হয়। এতে কঠিনতা সামান্য কমলেও সম্প্রসারন ক্ষমতা ও আঘাত সহন ক্ষমতা বেড়ে যায়। যন্ত্র বা যন্ত্রাংশকে নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করে ৩০ থেকে ৯০ মিনিট পর্যন্ত তাপকে ধরে রেখে অতপর আস্তে আস্তে বাতাসে ঠান্ডা করাকেই টেম্পারিং বলা হয়।

পরের পৃষ্ঠায় সাধারন ব্যবহৃত ইস্পাত সমূহকে তাপ প্রক্রিয়া করার তাপমাত্রার একটি তালিকা দেয়া হলঃ

কোন বস্তু বা যন্ত্রকে তাপ প্রক্রিয়া, এনেলিং,হার্ডেনিং বা টেম্পারিং করতে গিয়ে যদি বিশেষ চেম্বার বা সাধারণ পদ্ধতিতে উচ্চ তাপমাত্রা পরিমাপের ব্যবস্থা না থাকে তাহলে উত্তপ্ত ইস্পাতের আলোক বৃত্ত দেখে তাপমাত্রা অনুমান করা যায়।

ছক নং-২, সাধারণ ব্যবহৃত স্টীলের জন্য তাপ প্রক্রিয়ার তাপমাত্রা সমূহ

(Heat treatment temperature for commonly used steels)

স্টীলের নাম Name of steel	স্টীলের গ্রেড Grade or Mark of steel	এনিলিং (Annealing) ^0C	নরমালাইজিং (Normalising) ^0C	হার্ডেনিং (Herdening) ^0C	টেম্পারিং (Tempering) ^0C
কারবন স্টীল (Carbon Steel)	C22 EN3 (0.2%Carbon)	500-600	850-920	800-960	100-200
	C45 EN8(.45%C)	780-800	840-870	800-850	200-700
	C55 EN9 (0.55%)	800-830	830-860	820-860	430-450
এলয় স্টীল (Alloy Steel)	30Mn4 EN15 (3%C)	820-850	830-870	820-860	600-620
	40Cr4 EN18 (4%C)	825-845	850-870	830-860	200-650
	70Mn2 EN42B(7%C)		780-810	810-830	790-830
	10cr4 EN31 (1%C)	790-810	780-820	835-855	150-600

কমার্শিয়াল ক্ষেত্রে এই রং বিচার এবং অভিজ্ঞতার অনুমান দিয়ে হিটন্ট্রিটমেন্ট কাজ সম্পন্ন করা হয়। তাপমাত্রা অনুসারে ইস্পাতের গায়ের আলোক বর্ণের

তালিকা ৩ নং ছকে, দেয়া হলঃ

ছক নং-৩, তাপমাত্রা অনুসারে ইস্পাতের আলোক বর্ণ

উত্তপ্ত ইস্পাতের আলোক বৃত্তের বর্ণ বা রং	বর্ণ অনুসারে তাপমাত্রা ^{0}C	বর্ণ অনুসারে তাপমাত্রার ব্যাপ্তি ^{0}F
গভীর কালচে লাল (Black red)	400	700 - 800
গাঢ় লাল (Dark red)	425	900 - 1000
রক্তের মত লাল (Bright red)	575	1000 - 1200
উজ্জ্বল লাল (Brigh red)	815	1400 - 1500
কমলার মত লাল (Orange red)	985	1700 - 1800
হলদে রঙ (Yellow)	1050	1880 - 1850
হলদে সাদা (Yellow white)	1250	2200 - 2250
শুধু সাদা (White)	1370	2450 - 2466

দ্বিতীয় অধ্যায়

মাপ—পরিমাপ
(MEASUREMENT)

যে কোন বস্তু সম্পর্কে প্রাথমিক ধারণা করার জন্য তার প্রস্থ, দৈর্ঘ্য,আয়তন ও ওজন জানার দরকার হয়। আবার বস্তুটির অবস্থা ও প্রকৃতি বুঝার জন্য তার তাপ, চাপ এবং গুণাগুণ সম্পর্কে জানতে হয়। প্রাত্যহিক জীবনে মাপ পরিমাপের যথেষ্ট প্রয়োজন হয়। প্রকৌশল ক্ষেত্রে এর প্রয়োজনীয়তা আরো বেশী। যে কোন যন্ত্রপাতি তৈয়ার বা মেরামতের জন্য মাপের প্রয়োজন। যত সুক্ষ্ম মাপ নেয়া যাবে কাজের মান ততই উন্নততর হবে। আর সুক্ষ্ম পরিমাপের জন্য সে ধরণের মাপক যন্ত্রের প্রয়োজন এবং তার ব্যবহারও জানা থাকা দরকার। যন্ত্র সংরক্ষণ ক্ষেত্রে যন্ত্র বা যন্ত্রাংশের দৈর্ঘ্য, ব্যাস,ক্লিয়ারেন্স, গভীরতা, ইত্যাদি মাপের প্রয়োজন অধিক। সাধারনভাবে এইসব মাপ নেয়ার জন্য রুলার, মিটার রুল, টেপ, স্কেল, গেজ ইত্যাদি ব্যবহার হয়ে থাকে; যে সম্পর্কে সকলেরই কিছু না কিছু জ্ঞান আছে। আর সুক্ষ্ম হতে সুক্ষ্মতর পরিমাপের জন্য ভার্নিয়ার স্কেল, মাইক্রোমিটার, ডায়াল ইন্ডিকেটর ইত্যাদি ব্যবহার হয় যেগুলি সম্পর্কে সংক্ষিপ্ত আলোচনা করব। তার পূর্বে মাপ পরিমাপের পদ্ধতি, একক ও তাদের মান পরিবর্তন (Conversion) সম্পর্কে বর্ননা দেয়া হল।

দৈর্ঘ্য মাপার জন্য দুই প্রকার পদ্ধতি আমাদের দেশে চালু আছে অর্থাৎ ইঞ্চি, ফুট, গজ ইত্যাদি হল বৃটিশ পদ্ধতি (British measuring system)। এই পদ্ধতির দৈর্ঘ্যের একক ফুট (Foot), ওজনের একক পাউন্ড (Pound) এবং সময়ের একক সেকেন্ড (Second); সেজন্য এই পদ্ধতিকে F.P.S. পদ্ধতি বলে। মাপের অপর পদ্ধতিটির নাম হল মেট্রিক পদ্ধতি (Metric System)। অর্থ্যৎ দৈর্ঘের জন্য মিটার, কিলোমিটার, ওজনের জন্য গ্রাম,কিলোগ্রাম এবং সময়ের জন্য সেকেন্ড, মিনিট, ঘন্টা ইত্যাদি। সংক্ষেপে এই পদ্ধতিকে M.K.S. পদ্ধতি বলে। মেট্রিক শব্দের সহজ মানে হল দশকের হিসাব অর্থাৎ কোন হিসাবের দশমাংশ বা দশের গুণিতক। যেমন—১০ মিলিমিটার=১সেন্টিমিটার,আবার ১মিঃমিঃ=১/১০সেঃমিঃ, ১কেজি= ১০০০ গ্রাম অর্থাৎ, ১x১০x১০x১০ গ্রাম। এই মেট্রিক পদ্ধতি পৃথিবীর অধিকাংশ দেশে

প্রচলিত আছে। আমাদের বাংলাদেশেও সরকারী ভাবে ইহা গৃহীত হয়েছে। সুতরাং এই পদ্ধতিতেই আমাদের মাপ পরিমাপ করা উচিৎ।

মেট্রিক পদ্ধতির মূল সুত্রটি হল কোন এককের ক্ষুদ্রতম ভগনাংশ হল মিলি বা এককের এক হাজার ভাগের এক ভাগ। আবার এককের বৃহত্তম গুণিতক হল কিলো বা এককের এক হাজার গুণ। এর মধ্যবতী প্রতি দশমাংশ বা গুণিতকের জন্য ভিন্ন নামকরণ করা হয়েছে যা নিম্ন ছকে দেখান হলঃ

ছক নং- ৪ , মেট্রিক পদ্ধতির একক, গুণিতক ও ভগ্নাংশ

নামকরণ সংক্ষেপে	কিলো Kilo K	হেক্টো Hecto h	ডেকা Deca da	একক Unit -	ডেসি Deci d	সেন্টি Centi c	মিলি Mill m
গুণিতক বা দশমাংশ	১x১০০০	১x১০০	১x১০	১	$\frac{১}{১০}$	$\frac{১}{১০০}$	$\frac{১}{১০০০}$
দৈর্ঘ্যের মাপ সংক্ষেপে	কিলো মিটার km	হেক্টো মিটার hm	ডেকা মিটার dam	মিটার m	ডেসি মিটার dm	সেন্টি মিটার cm	মিলি মিটার mm
ওজনের মাপ সংক্ষেপে	কিলো গ্রাম kg	হেক্টো গ্রাম hg	ডেকা গ্রাম dag	গ্রাম g	ডেসি গ্রাম dg	সেন্টি গ্রাম cg	মিলি গ্রাম mg
আয়তন বা তরল পদার্থের মাপ	কিলো লিটার kl	হেক্টো লিটার hl	ডেকা লিটার dal	লিটার l	ডেসি লিটার dl	সেন্টি লিটার cl	মিলি লিটার ml

পরবর্তী সময়ে মাপের আরো সুক্ষ্মতার জন্য মাইক্রোর (Micro) হিসাব এসেছে। মাইক্রো হল মিলির ১/১০০০, উদাহরন স্বরূপ বলা যায় যে ১ মাইক্রোমিটার হল ১ মিলিমিটারের ১/১০০০ ভাগ বা ·০০১ মিলিমিটার অথবা ১ মিটারের ১/১০০০০০০ ভাগ বা ·০০০০০১=১০$^{-৬}$ মিটার। মাইক্রো মিটারকে সংক্ষেপে মাইক্রনস (Microns) বলে। অনুরূপ ভাবে বৃহত্তর মাপকে প্রকাশ করার জন্য মেগা বা গেগার হিসাব প্রবর্তন হয়েছে। মেগা হল এক

কিলোর এক হাজার গুন, যেমন ১ মেগা গ্রাম =১০০০x১০০০গ্রাম =১০০০০০০ গ্রাম = ১০^{৬} গ্রাম। গেগা হল ১০^{৯}, যেমন এক গেগা গ্রাম =১০০০,০০০,০০০,গ্রাম।

মেট্রিক পদ্ধতির মাপের প্রয়োজনীয় তালিকা নিম্নে দেয়া হল।

দৈর্ঘ্য (Length)

১০ মিলিমিটার	=	১ সেন্টিমিটার (সংক্ষেপে সেঃ মি ঃ)
১০ সেন্টিমিটার	=	১ ডেসিমিটার (ডেঃ মিঃ)
১০ ডেসিমিটার	=	১ মিটার (মিঃ)
১০ মিটার	=	১ ডেকামেটার (ডেঃ মিঃ)
১০ডেকামিটার	=	১ হেক্টোমিটার (হেঃ মিঃ)
১০ হেক্টোমিটার	=	১কিলো মিটার (কিঃ মিঃ)

ওজন (Weight)

১০ মিলিগ্রাম	=	১ সেন্টিগ্রাম (সেঃ গ্রাঃ)
১০ সেন্টি গ্রাম	=	১ ডেসিগ্রাম (ডেঃগ্রাঃ)
১০ ডেসিগ্রাম	=	১ গ্রাম (গ্রাঃ)
১০ গ্রাম	=	১ ডেকাগ্রাম (ডেঃ গ্রাঃ)
১০ ডেকাগ্রাম	=	১ হেক্টোগ্রাম (হেঃ গ্রাঃ)
১০ হেক্টো গ্রাম	=	১ কিলো গ্রাম (কিঃ গ্রাঃ)

আয়তন (Capacity)

১০ মিলিলিটার	=	১ সেন্টি লিটার (সেঃ লিঃ)
১০ সেন্টিলিটার	=	১ ডেসিলিটার (ডেঃ লিঃ)
১০ ডেসি লিটার	=	১ লিটার (লিঃ)
১০ লিটার	=	১ ডেকালিটার (ডেঃ লিঃ)
১০ ডেকালিটার	=	১ হেক্টোলিটার (হেঃ লিঃ)
১০ হেক্টোলিটার	=	১ কিলোলিটার (কিঃ লিঃ)

আয়তনকে কিউবিক মিটার বা কিউবিক সেন্টিমিটার অর্থাৎ ঘন দৈর্ঘ্যের মাপে প্রকাশ হয়ে থাকে। লিটার সাধারনত তরল পদার্থের মাপের জন্যই ব্যবহার হয়। তবে লিটার ও কিউবিক মিটারের মধ্যে একটা সম্পর্ক আছে। অর্থাৎ ১ লিটার = ১ কিউবিক ডেসিলিটার, আবার ওজনের সাথে আয়তনেরও একটা সম্পর্ক আছে। যদিও ভিন্ন পদার্থের জন্য তাহা ভিন্ন। তবে ১ কিউবিক মিটার পানির ওজন = ১ মেট্রিক টন =১০০০ কিলোগ্রাম।

বৃটিশ পদ্ধতি বা F.P.S. পদ্ধতি আমাদের দেশে এখনও ব্যবহার হয়ে আসছে। ফলে আমাদের উভয় পদ্ধতির মাপ এবং তাহার পরিবর্তন (Conversion) জানা থাকা দরকার। বৃটিশ বা ইংলিশ পদ্ধতির মাপগুলির তালিকা নিম্নে দেয়া গেলঃ

দৈর্ঘ্য (Length)

১২ ইঞ্চি (Inches)	=	১ ফুট (Foot)
৩ ফুট	=	১গজ (Yard)
$৫\frac{১}{২}$ গজ	=	১ পোল (pole)
৪০ পোল	=	১ ফার্লং (Furlong)
৮ ফার্লং	=	১ মাইল (mile)
বা ১৭৬০ গজ	=	১ মাইল (mile)

আয়তন (Capacity)

৪ গিল (gills)	=	১ পিন্ট (pint)
২ পিন্টস (pints)	=	১ কোয়ার্টার (quart)
৪ কোয়ার্টস (quarters)	=	১ গ্যালন (gallon)
৫০গ্যালন (gallon)	=	১ ব্যারেল (barrel)

ওজন (Weight)

২০ গ্রেইনস (grains)	=	১ স্ক্রেপল (scruple)
৩ স্ক্রেপল (scruple)	=	১ ড্রাম (drum)

৪ ড্রাম (drum)	=	১ আউন্স (ounce)
২০০০ পাউন্ড (pound)	=	১ সর্ট টন (short ton)
১৬ আউন্স (ounce)	=	১ পাউন্ড (pound)
২২০০ পাউন্ড (pound)	=	১ টন বা দীর্ঘ টন (Long ton)
এক কিউবিক ফুট পানির ওজন	=	৬২·৫ পাউন্ড

বর্গক্ষেত্রের মাপ (Area measurement)

১৪৪ বর্গইঞ্চি	=	১ বর্গফুট
৯ বর্গফুট	=	১ বর্গগজ
১০৪ বর্গফুট	=	১ স্টেক
১২৮ বর্গফুট	=	১ কর্ড

মেট্রিক পদ্ধতি হতে বৃটিশ পদ্ধতি বা ইহার বিপরীত (Vice Versa) মাপ পরিমাপ জানা ও বুঝার জন্য তাদের পরিবর্তন (Conversion) আয়ত্তের মধ্যে থাকা দরকার। নিম্নে প্রয়োজনীয় পরিবর্তন গুলি দেয়া হলঃ

১ ইঞ্চি = ২·৫৪ সেন্টিমিটার বা ২৫·৪ মিঃ মিঃ
১ মিটার = ৩৯·৩৭ ইঞ্চি বা ৩·২৮১ ফুট
১ কিঃ মিটার = ০·৬২১৩ মাইল
১ মাইল = ১·৬০৯৩ কিঃমিঃ
১ বর্গমিটার = ১·২বর্গ গজ
১ বর্গ কিঃ মিঃ = ২৪৭·১ একর
১ ঘন সেন্টিমিটার = ০·০৬ ঘন ইঞ্চি
১ ঘন মিটার = ২৩১ ঘন ইঞ্চি = ৩৫·৩১৫ ঘনফুট
১ ঘনফুট = ২৬৪·২ গ্যালন
১ লিটার = ৬১·০২২ ঘন ইঞ্চি = ·২১৯ গ্যালন
১ গ্যালন = ৪·৫৪৫ লিটার
১ গ্রাম = ০·০৩৫ আউন্স
১ কিঃ গ্রাম =
= ২·২০৪৬ পাউন্ড = ৩৫·৩ আউন্স

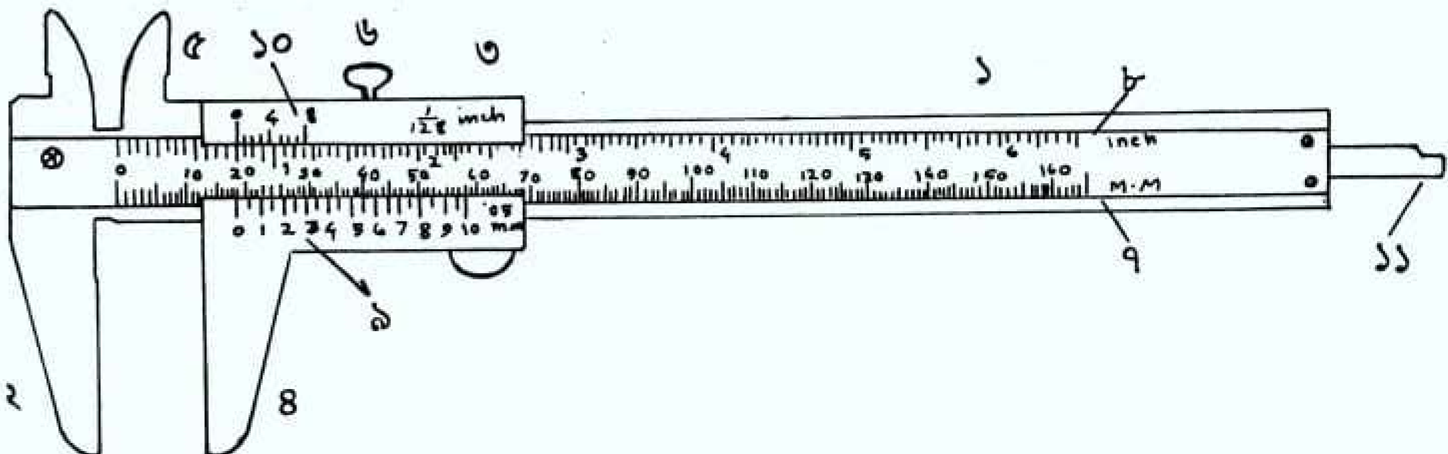
দৈর্ঘ্য, ওজন এবং আয়তন মাপজোকের মধ্যে দৈর্ঘ্যের মাপ বিশেষ করে দৈর্ঘ্যের ক্ষুদ্রতম ও সুক্ষ্ম পরিমাপ যন্ত্র সংরক্ষণে অহরহ প্রয়োজনে লাগে। সেজন্য ক্ষুদ্র ও সুক্ষ্ম পরিমাপের প্রধান পদ্ধতিগুলি সম্পর্কে এখানে বর্ণনা করব। যন্ত্র সংরক্ষণ বিভাগের একজন প্রকৌশলী বা মেকানিক যে মাপক যন্ত্রটি বেশীরভাগ সময় ব্যবহার করে থাকে তা হল ভার্নিয়ার ক্যালিপার। অতপর মাইক্রোমিটার, ডায়াল ইন্ডিকেটর, ফিলার গেজ ইত্যাদি।

ভার্নিয়ার ক্যালিপার বা কম্পাস (Vernier Calliper) ঃ—

ভার্নিয়ার ক্যালিপার দ্বারা অতি সহজে সুক্ষ্ম মাপ নেয়া সম্ভব। স্কেল বা রুল দ্বারা ১/১৬" বা ১/৩২" অথবা মিঃ মিটারে ১ মিঃ মিঃ বা ০·৫ মিঃমিঃ পর্যন্ত মাপা সম্ভব। কিন্তু সাধারন ভার্নিয়ার দ্বারা $\frac{১}{১২৮}$ ইঞ্চি অথবা ০·১ মিঃ মিঃ পর্যন্ত মাপা যায়। মেকানিক, ফিটার, মেসিনম্যান বা প্রত্যেক কারিগরের নিকট ভার্নিয়ার ক্যালিপার থাকা উচিৎ এবং তার ব্যবহার পদ্ধতি জানা থাকা আবশ্যক। ভার্নিয়ার ক্যালিপার বিভিন্ন প্রকারের এবং বিভিন্ন আকারের হয়ে থাকে। লম্বায় উহা ৬", ৮", ১২",২৪", বা ৬০" পর্যন্ত হতে পারে এবং মিঃ মিঃ হিসাবে ১৫০,২০০,৩০০, থেকে ১৫০০মিঃ মিঃ পর্যন্ত হয়ে থাকে। ইহা দ্বারা কোন সিলিন্ডার বা অন্য কোন জিনিষের বাহির বা ভিতরের ব্যাস বা দৈর্ঘ্যও মাপা যায়। একটি ভার্নিয়ার ক্যালিপারে প্রধান যে অংশগুলি থাকে তা চিত্রে দেয়া হল।

কোন জিনিষ বা যন্ত্রাংশের দৈর্ঘ্য বা ব্যাস মাপতে হলে তা ভার্নিয়ার স্কেলের দুই চোয়ালের মধ্যে রাখতে হবে। ভার্নিয়ার দন্ডটি চোয়াল সহ সঞ্চালন করা যায়, যা সরিয়ে যন্ত্রাংশটিকে দুই চোয়াল দ্বারা স্পর্শ করে ধরে রাখতে হবে।

মূল দন্ডের একদিকে ইঞ্চি মাপের দাগ কাটা থাকে এবং অন্য দিকে সেন্টিমিটার স্কেল থাকে। আবার কোন কোনটাতে শুধু সেন্টিমিটার বা ইঞ্চির স্কেল থাকে। প্রত্যেক ইঞ্চিকে ১৬টি ভাগে বিভক্ত করা থাকে। সুতরাং প্রত্যেকটি ভাগের মান দাড়ায় ১/১৬"। ভার্নিয়ার দন্ডে একটি স্কেল থাকে যাতে ০–৮ পর্যন্ত ৮টি সমান দাগে ভাগ করা থাকে। এই ৮টি দাগের দৈর্ঘ্য মূল স্কেলের ৭টি দাগের সমান।



১। মূল দন্ড, ২। মূল দন্ডের স্থির চোয়াল, ৩। ভার্নিয়ার দন্ড, ৪। বাহিরের পরিমাপের জন্য চোয়াল, ৫। ভিতরের পরিমাপের জন্য চোয়াল, ৬। আবদ্ধকরণ স্ক্রু, ৭। মিঃ মিঃ প্রধান স্কেল, ৮। ইঞ্চিতে প্রধান স্কেল, ৯। মিঃ মিঃ মাপের ভার্নিয়ার স্কেল, ১০। ইঞ্চি মাপের ভার্নিয়ার স্কেল, ১১। গভীরতা মাপক ভার্নিয়ার স্ট্রিপ।

চিত্র নং—২, ভার্ণিয়ার ক্যালিপার ও প্রধাণ অংশ সমূহ।

অর্থাৎ ভার্নিয়ারের ৮টি দাগ = মূল স্কেলের ৭ দাগ

সুতরাং " ১ " = " " $\frac{৭}{৮}$ দাগ

$= \frac{৭}{৮} \times \frac{১}{১৬}$ ইঞ্চি।

$= \frac{৭}{১২৮}$ ইঞ্চি = ০·০৫৪৭ ইঞ্চি

মূল ও ভার্নিয়ার স্কেলের এক ভাগের পার্থক্য হল $= \frac{১}{১৬} - \frac{৭}{১২৮}$

= ·০৬২৫ − ·০৫৪৭ = ০·০০৭৮ ইঞ্চি

এই ০·০০৭৮ হল ভার্নিয়ার ধ্রুব (Vernier Constant)

সূত্র অনুসারে বলা যায়

$$\text{ভার্নিয়ার ধ্রুব} = \frac{\text{মূল স্কেলের ক্ষুদ্রতম এক ভাগের মান}}{\text{ভার্নিয়ার স্কেলের ভাগের সংখ্যা}}$$

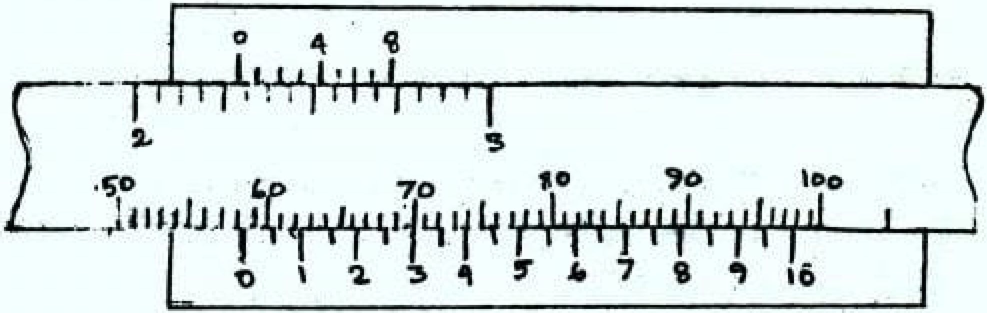
$= \frac{১}{১৬} \div ৮ = \frac{১}{১৬ \times ৮} = \frac{১}{১২৮}$

= ০·০০৭৮ ইঞ্চি

এখন কোন জিনিসের দৈর্ঘ্য মাপার সময় মূল স্কেলের কত দাগ ভার্নিয়ারের '০' দাগের বরাবরে গিয়েছে তা দেখতে হবে। অতপর ভার্নিয়ার স্কেলের কোন্ দাগ মূল স্কেলের দাগের বরাবর মিলেছে তা গণনা করতে হবে। যত সংখ্যার দাগ মিলবে তাকে ভার্নিয়ার ধ্রুব দিয়ে গুণ করতে হবে। এই মান মূল স্কেলের দাগ অনুসারে মোট মাপের সহিত যোগ দিলে সঠিক সর্বমোট দৈর্ঘ্য পাওয়া যাবে। ৩ নং চিত্রের সাহায্যে হিসাবের একটি নমুনা দেখান হলঃ

এখানে ইঞ্চির স্কেলে মোট দৈর্ঘ্য হল $= ২ + \frac{৪}{১৬} = ২·২৫$

ভার্নিয়ার ৬ নম্বর দাগ মূল স্কেলের সাথে মিলেছে।



চিত্র নং-৩৯ ভার্নিয়ার স্কেলের হিসাবের নয়

সুতরাং ভার্নিয়ারের মান $= ৬ \times \frac{১}{১২৮} = \frac{৬}{১২৮}$

বা $৬ \times ০\cdot০০৭৮ = ০\cdot০৪৬৮''$

সর্বমোট দৈর্ঘ্য $= ২ + \frac{৪}{১৬} + \frac{৬}{১২৮} = \frac{২৯৪}{১২৮} = ২\cdot২৯৬''$

অথবা $২+০২৫+০\cdot০৪৬৮ = ২\cdot২৯৫৮ = ২\cdot২৯৬৮''$

এমনিভাবে মণ্ডল স্কেলের অপর দিকে এক সেন্টিমিটার পরিমান ১০ ভাগ ক্ষুদ্রতম দাগ কাটা থাকে। ভার্নিয়ার স্কেলে ১০টি দাগ কাটা থাকে যাহা মূল স্কেলের ৯ মিঃ মিটারের সমান। অতএব ভার্নিয়ার ধ্রুব হল=১ মিঃমিঃ ÷১০ =০·১মিঃমিঃ

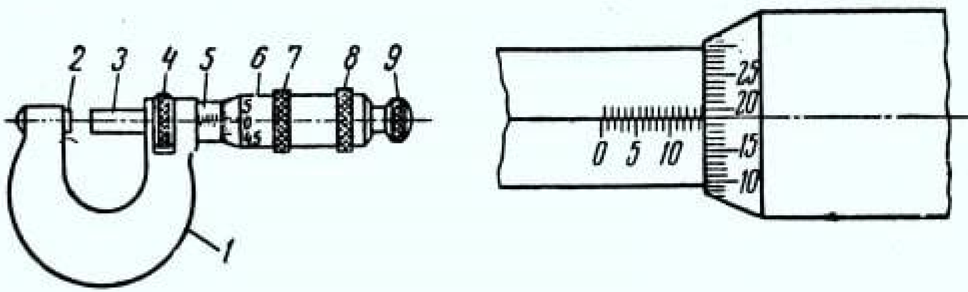
উপরের চিত্র অনুসারে পরিমাপ করলে বলা যায় ঃ সেন্টিমিটার স্কেলে মোট দৈর্ঘ্য হল $= ৫ + \frac{৮}{১০}$ সেঃমিঃ = ৫·৮ সেঃমিঃ = ৫৮ মিঃমিঃ, ভার্নিয়ার মান = ৩ X ০·১ =·৩ মিঃমিঃ =০·০৩ সেঃমিঃ সর্বমোট দৈর্ঘ্য = ৫৮ মিঃমিঃ+০·৩ মিঃমিঃ= ৫৮·৩ মিঃমিঃ= ৫·৮৩ সেঃমিঃ।

ভার্নিয়ার ক্যালিপার দ্বারা আরো সুক্ষ্ম পরিমাপের জন্য ইঞ্চি মাপের এক ইঞ্চি সমান ৪০ ভাগে ভাগ করা থাকে, যার ভার্নিয়ার ধ্রুব হয়ে থাকে ০·০০১"। মেট্রিক পদ্ধতিতে সুক্ষ্ম পরিমাপের জন্য ভার্নিয়ারেরব দ্রুব রাখা হয় ০·০২ মিঃমিঃ অর্থাৎ ০·০২মিঃমিঃ পর্যন্ত ক্ষুদ্রতম মাপ নেয়া যায়। সুক্ষ্ম পরিমাপ ছাড়াও ভার্নিয়ার ক্যালিপারের পরিমাপক পদ্ধতি সুবিধা মত অনেক মাপক যন্ত্রে ব্যবহার হয়েথাকে।

মাইক্রোমিটার (Micrometer) :– কোন জিনিস বা যন্ত্রাংশের ভিতরের বা বাহিরের সুক্ষ্মতম দৈর্ঘ্যের মাপ নেয়ার জন্য মাইক্রোমিটার ব্যবহার হয়। এই মাপক যন্ত্রের সাহায্যে যন্ত্রাংশের দৈর্ঘ্য, ব্যাস, গভীরতা, উচ্চতা ইত্যাদি ০·০১ মিলিমিটার বা ০·০০১ইঞ্চি পর্যন্ত সঠিকতায় (Accuracy) মাপা যায়। মেট্রিক পদ্ধতির এবং বৃটিশ পদ্ধতির মাপের জন্য আলাদা মাইক্রোমিটার ব্যবহার হয়। মূলত যন্ত্রগঠন ও মাপ পদ্ধতি অনুরূপ।

প্রথমে মেট্রিক পদ্ধতির বাহির বা আউট সাইড মাইক্রোমিটারের কথাই ধরা যাক। বিভিন্ন দৈর্ঘ্য রেঞ্জের মাইক্রোমিটার হয়ে থাকে ; যেমন –০ হতে ২৫মিঃমিঃ,২৫হতে৫০মিঃমিঃ,৫০–৭৫মিঃমিঃ,এমনিভাবে৫০০মিঃমিঃপর্যন্ত। তবে প্রত্যেক প্রকারের মাইক্রোমিটারেই থিম্বল ও স্ক্রুপিচের আকার সমান, অর্থাৎ ২৫মিঃমিঃ। এই মাপক যন্ত্র ক্রোম ষ্টীল ধাতু দ্বারা উচ্চ তাপ ও ফিনিসিং প্রক্রিয়ায় এবং নিপুণতার সাথে তৈরি করা হয়।

ইহা ব্যবহারের সময় উপযুক্ত সতর্কতা অবলম্বন করা প্রয়োজন। এই মাইক্রোমিটারের গঠন প্রকৃতি নিম্নে দেওয়া হলঃ



১। ফ্রেম (Frame), ২।এনভিল (Anvil), ৩। স্পিন্ডেল (Spindle), ৪। লক নাট (Locknut), ৫। বেরাল (Barrel) বা স্লিভ (Sleeve), ৬। থিম্বল (Thimble), ৭। খাজ কাটা রিং (Knurled ring), ৮। এডজাষ্টিং নাট (Adjusting Nut), ৯। রেচেট (Rachet).

চিত্র নং–৪, মাইক্রোমিটার ও তার স্কেল।

এনভিলের ভিতর প্রান্তে কোন জিনিষ রেখে থিম্বলকে ঘুরাতে থাকলে স্পিন্ডেল অগ্রসর হতে থাকে এবং শেষে জিনিষকে স্পর্শ করে। তখন আর থিম্বলকে না ঘুরিয়ে রেচেটকে ঘুরাতে হয়। কারণ স্পিন্ডেলের মাথা বস্তুকে স্পর্শ করার মুহূর্তে বা স্পর্শ করার পর থিম্বলকে ঘুরালে তাহা বস্তুর উপর চাপ প্রয়োগ করতে পারে বা মাইক্রোমিটারের উপর চাপ পড়ে যাহা মাপের সুক্ষতম ত্রুটি সৃষ্টি করাতে পারে। রেচেটের সাহায্যে প্রয়োজনের অতিরিক্ত চাপ দেয়া সম্ভব নয়। দিলে রেচেট নিজে স্লিপ করতে থাকে। রেচেট ঘুরান হয়ে গেলে এবার রিডিং নেয়ার আগে লক নাটের দ্বারা স্পিন্ডেলকে আবদ্ধ করে নেয়া ভাল। নতুবা অসতর্কতার ফলে বা মাইক্রোমিটার বস্তু থেকে আলাদা করে আনার সময় কোন কিছু সুড়ে বা ঘুরে গিয়ে মাপকে ত্রুটি যুক্ত করতে পারে।

একটি নাটের মধ্যে একটি বোল্টকে ঘুরালে দেখা যায় যে বোল্টের মাথা সামনের দিকে অগ্রসর হচ্ছে। একবার ঘুরালে বোল্ট বা নাটের এক প্যাচ সমান দূরত্ব অতিক্রম করে। তেমনি থিম্বলকে ঘুরালে স্পিন্ডেল নির্দিষ্ট পরিমান দূরত্ব অগ্রসর হয়। ব্যারেল বা স্লিভের উভয় দিকে দাগ কাটা থাকে। স্লিভের লম্বালম্বি রেখার উপরের দিকে ০–২৫ পর্যন্ত পচিশটি দাগ কাটা থাকে যাহা ২৫ মিলিমিটারের সমান। এই বিভক্তি গুলিকে ০,১০,১৫,২০,২৫,এই সংখ্যা দ্বারা চিহ্নিত করা হয়েছে। সুতরাং প্রতিটি ভাগ এক মিলিমিটারের সমান। লম্বালম্বি রেখার নীচের অংশে দাগ কেটে উপরের প্রত্যেক ১মিঃমিঃদাগকে দুই ভাগে ভাগ করা হয়েছে। অর্থাৎ ২৫মিঃমিঃ কে মোট পঞ্চাশ ভাগে বিভক্ত করা হয়েছে এবং উপরে ও নীচের দাগের একটি বিভক্তি ০·৫ মিঃ মিটারের সমান। থিম্বলের ঢালু অংশের চতুর্দিকে দাগ কেটে মোট ৫০ ভাগে বিভক্ত করা হয়েছে এবং ০,৫,১০,২০,.........৪৫, ০ অর্থাৎ ৫০ এইভাবে চিহ্নিত করা হয়েছে। যেহেতু থিম্বলকে এক পাক ঘুরালে ০·৫মিঃমিঃ যায়। সুতরাং থিম্বলের একেক ভাগের ক্ষুদ্রতম গণন সংখ্যা হল $= \frac{০·৫০\text{মিঃমিঃ}}{৫০} =$ ০·০১ মিলিমিটার।

মাপ গণনার সময় প্রথমে ব্যারেল হতে পাঠ করতে হবে। মিলিমিটার ও অর্ধ মিলিমিটারের দাগ হিসাব করে নিতে হবে। উপরে একটি উদাহরণ দেখান হল(চিত্র – ৪) প্রথমে ১৪মিঃমিঃ ও পরে অর্ধ দাগের এক অংশ যাওয়ায় আমরা লিখতে পারি ১৪·৫০ মিঃমিঃ। এখন থিম্বলের গায়ের দাগ ব্যারেলের লম্বালম্বি দাগের সাথে যেখানে মিলেছে সেখানে পাঠ সংখ্যা হল ১৯,অর্থাৎ

১৯X০·০১=০·১৯মিঃমিঃ। অতএব সর্বমোট মাপের পরিমান হল = ১৪·৫০+০·১৯ =১৪·৬৯ মিঃমিঃ।

মাইক্রোমিটার ব্যবহারের পূর্বে উহার মাপের সঠিকতা পরীক্ষা করে নিতে হবে। এই পরীক্ষার জন্য থিম্বল ঘুরিয়ে এনভিলের নিকটবর্তী করতে হবে এবং পরে রেচেটের সাহায্যে এনভিলের সাথে স্পিন্ডেলের মাথা একত্রিত করতে হবে। এই অবস্থায় থিম্বলের ০ দাগ ব্যারেলের শূন্য দাগের চিহ্ন বরাবর মিলে থাকতে হবে। যদি এমন না হয়ে কম বেশী হয় তবে সেই পরিমান রিডিংকে ত্রুটি সংখ্যা বা এরর (Error) হিসাবে ধরে নিয়ে হিসাব করতে হবে। অথবা এডজাষ্টিং নাটকে লুজ করে স্লিভ ঘুরিয়ে শূন্য মাপ মিলিয়ে নিতে হবে এবং নাটকে পুনরায় টাইট করে দিতে হবে। অতপর আবার পরীক্ষা করে দেখতে হবে শুন্য দাগ মিলেছে কিনা।

বৃটিশ পদ্ধতির আউটসাইড মাইক্রোমিটার বা ইঞ্চি মাইক্রোমিটারের গঠন প্রকৃতি এবং পরিমাপের পদ্ধতি একই রকম। পার্থক্য শুধু মাপের বিভক্তি এবং দাগ কাটার মধ্যে। ২৫ মিলিমিটারের পরিবর্তে এখানে ব্যারেলের গায়ে ১" কে ৪০ টি সমান ভাগে উপরে নীচে দাগ দিয়ে ভাগ করা থাকে। প্রতি চার দাগ পরপর ১,২,৩,৪,………৯,০ অর্থাৎ ১০ সংখ্যায় চিহ্নিত করা থাকে। সুতরাং ১ দাগের সমান হল ১/৪০ ইঞ্চি বা ০·০২৫ ইঞ্চি। অর্থাৎ ব্যারেলের চার দাগ বা ১ সংখ্যার পরিমান হল ০·০২৫X৪=০·১০০০"। থিম্বলের গায়ের চতুর্দিকে সমান ২৫টি ভাগে ভাগ করা থাকে। থিম্বল এক পাক ঘুরালে স্পিন্ডেল ব্যারেলের গায়ের দাগ অর্থাৎ ০·০২৫" অতিক্রম করে। অতএব থিম্বলের এক দাগের পরিমান দাঁড়ায় $\frac{০·০২৫''}{২৫}$ = ০·০০১", সুতরাং আমরা বলতে পারি এখানে ক্ষুদ্রতম গণন সংখ্যা (Least Count or Constant) = ০·০০১ ইঞ্চি; এই নিয়ম অনুসারে নিম্নে উদাহরন দিয়ে বুঝান গেল।

ব্যারেলের গায়ের রিডিং হল ৬ ও পরের আরো ২ দাগ, মোট ২৬দাগ। থিম্বলের গায়ের রিডিং হল ২২।

অতএব	৬X০·১০০	= ০·৬০০"
	২X০·০২৫	= ০·০৫০"
	২২X০·০০১	= ০·০২২"
	মোট	= ০·৬৭২"

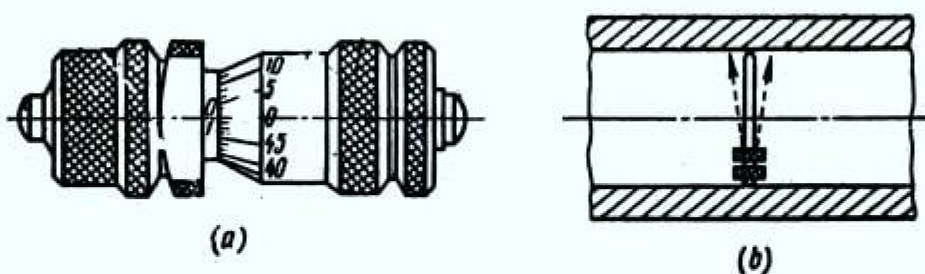
অন্যভাবে হিসাব করলে

২৬x০·০২৫	=	০·৬৫০
২২x০·০০১	=	০·০২২
মোট	=	০·৬৭২"

ইঞ্চি মাইক্রোমিটারও বিভিন্ন রেঞ্জের থাকে। যেমন ০–১", ১–২", ২–৩",এমনি ভাবে ২৮–২৯",২৯–৩০"ইত্যাদি।

আউট সাইড মাইক্রোমিটার দিয়ে কোন রড বা সাফ্‌টের ব্যাস মাপা যায়, কোন বল বা রোলারের ব্যাস মাপা যায় এবং যে কোন প্লেট, সীট ও সিমের পুরুত্ব মাপা যায়। কিন্তু কোন সিলিন্ডারের বোর বা ছিদ্র সরাসরি মাপা যায় না। এই রকম মাপ নিতে হলে ইনসাইড কেলিপার দিয়ে মাপ নিয়ে সেই মাপের পরিমান আউটসাইড মাইক্রোমিটার দিয়ে মাপতে হয় বা অন্য কোন পদ্ধতির আশ্রয় নিতে হয়। কিন্তু ইনসাইড মাইক্রোমিটার এমন ভাবে তৈরী করা হয় যেন কোন ছিদ্রের ব্যাস, খাদ বা কোন গেপের দূরত্ব সহজে মাপা যায়। ইহা সোজা দন্ডের মত, যার দুটি মাথা থাকে। এক মাথায় প্রয়োজন মোতাবেক বিভিন্ন দৈর্ঘ্যের পরিবর্তনযোগ্য বর্দ্ধিত রড সংযুক্ত করার ব্যবস্থা থাকে। মূল মাইক্রোমিটারের মাপ ও হিসাবের পদ্ধতি আউট সাইড মাইক্রোমিটারের মত। বর্দ্ধিত রড ব্যবহার করলে তার আদর্শমান বা ষ্ট্যান্ডার্ড (Standard) দৈর্ঘ্যের সাথে যোগ করে নিতে হয়। বিভিন্ন মাপের বর্দ্ধিত রডের সেট থাকে, যেমন ২–৩৬ ইঞ্চি বা ৫০ মিঃ মিঃ হতে ৫০০ মিঃ মিটার। ইনসাইড মাইক্রোমিটারও মেট্রিক এবং বৃটিশ উভয় পদ্ধতির হয়ে থাকে।

ইনসাইড মাইক্রোমিটার দিয়ে কোন সিলিন্ডারের বোর বা ছিদ্র মাপতে হলে মাইক্রোমিটারকে ছিদ্রের ভিতর প্রবেশ করিয়ে এক মাথা এক দিকে ঠেলে ধরতে হয়। এবার থিম্বলকে ঘুরিয়ে ঘুরিয়ে মোট দৈর্ঘ্যকে বাড়িয়ে অন্য প্রান্তের ডানে বামে নেড়ে নেড়ে ছিদ্রের অপর পার্শ্বে এমন স্থানে স্পর্শ করাতে হবে যেন সঠিক ব্যাসের মাপ পাওয়া যায়। এভাবে তিন চার বার মাপ নিয়ে তার গড় নিলে শুদ্ধতম পরিমাপ মিলবে। এই বিষয়ে ৪ নং চিত্রে দেখান হল।



চিত্র নং—৫, ইনসাইড মাইক্রোমিটার ও মাপ নেয়ার নমুনা।

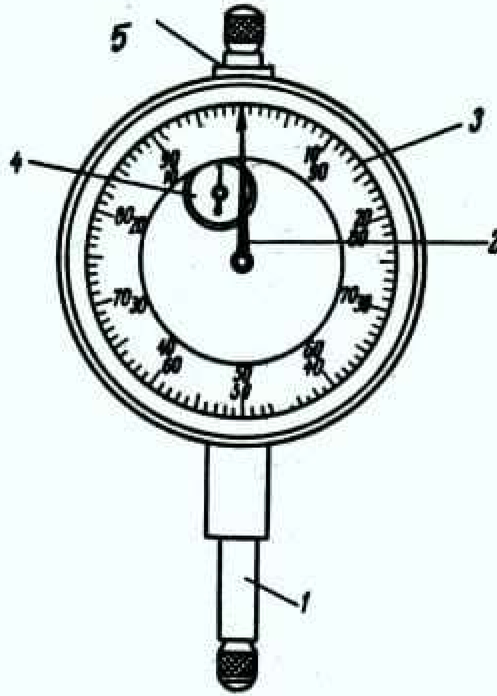
ডায়াল ইন্ডিকেটর (Dial Indicator) :–

ডায়াল ইন্ডিকেটর দ্বারা কোন তলের সমতা, সাফ্‌ট বা দন্ডের গোলাকৃতি পরীক্ষা করা হয়। লেদ মেসিনে কোন জবের টাল পরীক্ষা ও সঠিককরণ করা হয়। কোন সাফ্‌ট সামান্যতম বাঁকা হয়েছে কিনা তাহা পরীক্ষা করা যায়। কোন কোন সময় সাফ্‌ট, ইম্পেলার ইত্যাদির বিভিন্ন ক্লিয়ারেন্স (Clearance) বা ফাঁক মাপার জন্যও ব্যবহার হয়। ডায়াল ইন্ডিকেটর কোন যন্ত্রের এবং কাপলিং'এর এলাইনমেন্ট (Alignment), একসেনট্রিসিটি (Ecentricity) ও রান আউট (Run out) পরীক্ষা বা মাপার জন্য বিশেষ ভাবে ব্যবহৃত হয়।

ডায়াল ইন্ডিকেটরে ঘড়ির মত একটা ডায়াল থাকে যাতে ১ থেকে ১০০ পর্যন্ত সমান ভাগে দাগ কাটা থাকে। ডায়াল ইন্ডিকেটরের প্রধান অংশগুলি পরের পৃষ্টায় চিত্রে দেখান হল।

কোন স্থানের, যন্ত্রাংশের বা এলাইনমেন্টের জন্য সাফ্‌টের ও কাপলিং এর একসেনট্রিসিটি অথবা রান আউট মাপ নেয়ার জন্য গেজের প্লাঞ্জারের মাথা যন্ত্রাংশে স্পর্শ করা অবস্থায় থাকে। প্লাঞ্জার কিছুটা দাবান অবস্থায় রাখা উত্তম। প্লাঞ্জারের সঞ্চালন ইনডিকেটরের ভিতরের সুক্ষ্ম গিয়ার ব্যবস্থার মাধ্যমে নির্দেশক কাটায় স্থানান্তরিত হয়। ডায়ালের ৩৬০° কে সমান ১০০টি ভাগে ভাগ করা হয়েছে। কাঁটা সম্পূর্ণ এক পাক ঘুরার অর্থ হল প্লাঞ্জারের ১ মিলিমিটার

সঞ্চালনের সমান, যা ভিতরের ছোট কাউন্টার কাঁটায় দেখা যাবে। ডায়ালের প্রতি দশ দাগ পর পর ১০, ২০, ৩০,----৯০, ০ এইভাবে চিহ্নিত করা থাকে। যদি কাঁটা ঘড়ির কাটার অনুরূপ দিকে ঘুরে (Clockwise) তাহলে আমরা প্রতিটির মান ধরব পজিটিভ অর্থাৎ প্লাঞ্জার আরো ভিতরের দিকে প্রবেশ করেছে বুঝতে হবে। যদি বিপরীত দিকে ঘুরে তাহলে নেগেটিভ মান ধরা হবে। নির্দেশক কাঁটা উভয় দিকে ঘুরতে পারে। ১০ থেকে ৯০ পর্যন্ত উভয় দিকেই চিহ্নিত করা থাকে। ডায়াল ইনডিকেটের স্থাপনের পর নির্দেশক কাঁটা যে কোন অবস্থানে থাকতে পারে। সেজন্য ডায়ালকে ঘুরিয়ে কাটা বরাবর শূন্য মিলিয়ে নেয়ার ব্যবস্থা থাকে।



১– মাপক প্লাঞ্জার (Measuring Plunger)

২– মাপ নির্দেশক কাঁটা (Pointer)

৩– ডায়াল (Dial)

৪– মাপ গণন কাঁটা (Revolution Counter)

৫–ডায়াল রিম ও নব (Dial rim and Knob)

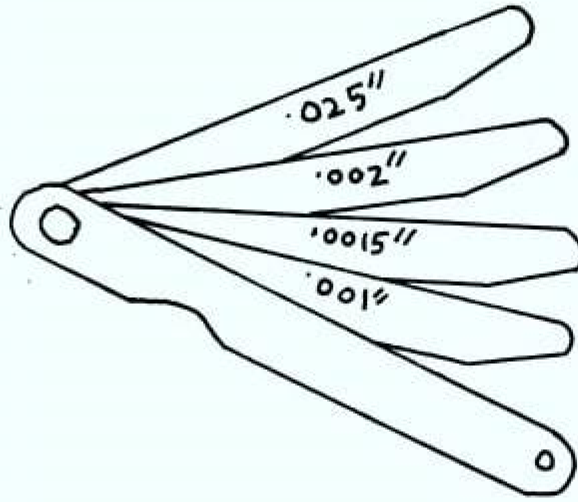
চিত্র নং–৬, ডায়াল ইন্ডিকেটর

যেহেতু প্লাঞ্জারের ১মিঃমিঃ, নির্দেশক কাঁটার পূর্ণ এক পাকের সমান ; সুতরাং ডায়ালের ১ দাগ =০·০১ মিঃ মিঃ এবং ছোট কাটার এক দাগ = ১ মিঃমিঃ।

বৃটিশ পদ্ধতির ডায়াল ইন্ডিকেটরও একই রকম,পার্থক্য শুধু এই যে এখানে ইন্ডিকেটরের প্রতি দাগ ০·০০১ ইঞ্চির সমান এবং এর পূর্ণ এক পাক যা ছোট কাঁটার এক দাগ =০·১ইঞ্চি। এখানে ইউনিভার্সাল ডায়াল ইন্ডিকেটর সম্পর্কেই বলা হয়েছে যা সচরাচর ব্যবহার হয়ে থাকে। ইহা ছাড়া আরো সুক্ষ্মতম পরিমাপের জন্য বিভিন্ন আকারের এবং মাপের ডায়াল ইন্ডিকেটর হয়ে থাকে। অনেক ডায়ালের একদাগের মান ০·০০০১ ইঞ্চি অথবা মেট্রিক পদ্ধতির জন্য ০·০০১ মিঃমিঃ পর্যন্ত হতে পারে। এসব ডায়াল ইন্ডিকেটর ব্যবহারের জন্য আনুষাংগিক ব্যবস্থাও ভিন্ন রকমের এবং উন্নত মানের হয়ে থাকে। ইউনিভার্সাল ডায়াল ইন্ডিকেটর ব্যবহারের জন্য বা কাজের স্থানে ধরে রাখার জন্য একটি ম্যাগনেটিক বেস সংযুক্ত স্ট্যান্ড ব্যবহার করা হয়। এই স্ট্যান্ডে সুইভেল ক্ল্যাম্পের সাহায্যে আরেকটি রড বাঁধা থাকে যার মাথায় একটি ঘুর্নয়মান নব দ্বারা ডায়ালের পিছনের দিকে হুকে আটকানো থাকে। প্রয়োজন মোতাবেক এর পরিবর্তন করে সুবিধা মত ক্ল্যাম্প তৈরী করে নেয়া যায়, তবে উহা অবশ্যই শক্ত এবং দৃঢ় হওয়া চাই।

ফিলার গেজ (Feeler Gauge) ঃ— ফিলার গেজে কতগুলি পাতলা ইস্পাতের পাত বা ফলা গুচ্ছ আকারে বাধা থাকে, যার প্রত্যেকটি ফলার মান ভিন্ন। এই ফিলার গেজের পাতের দৈর্ঘ্য ৫০ মিঃমিঃ হতে ১০০০ মিঃমিঃ পর্যন্ত হতে পারে। তবে ৫০মিঃমিঃ হতে ২০০মিঃমিঃ দৈর্ঘ্যের গেজই বেশী। এর প্রস্থ ৫ থেকে ১৫ মিঃমিঃ এর হয়। মাথার দিকে খানিকটা সরু থাকে। মেট্রিক ফিলার গেজে ০·০৩ মিঃমিঃ হতে ০·৫ মিঃমিঃ পর্যন্ত এবং কখনও ১ মিঃমিঃ পর্যন্ত পুরুত্বের (Thickness) ১০–১২ টি ফলা থাকে। প্রয়োজন অনুসারে এক বা একাদিক ফলা একত্রিত করে মাপ নেয়া হয়। প্রত্যেকটি পাত বা ফলার গায়ে উহার পুরুত্বের মাপ লিখা থাকে। ৭ নং চিত্রে ফিলার গেজের নমুনা দেখান হলঃ

বৃটিশ পদ্ধতির ফিলার গেজও একই রকম তবে পুরুত্ব ইঞ্চির মাপে দেয়া থাকে। সাধারনত ০·০০১",০·০০২",০·০০৩" এইভাবে ০·০২৫"পর্যন্ত ফলা থাকে। কোন কোন সেটে এর চেয়ে বেশী পুরুত্বেরও হয়ে থাকে।



চিত্র নং—৭, ইঞ্চি মাপের ফিলার গেজ

ফিলার গেজ দ্বারা কোন জিনিষের ফাক বা গ্যাপ সুবিধাজনক ভাবে মাপা যায়। অর্থাৎ ফাঁকটুকু কি পরিমাণের হতে পারে তার আনুমানিক পুরুত্বের ফলা ঐ গ্যাপে প্রবেশ করিয়ে দেখতে হবে। যদি লুজ হয় তবে আরো বেশী পুরুত্বের অথবা পূর্বের ফলার সাথে আরও কম পুরুত্বের দুই একটি ফলা একত্রিত করে ফাঁকে পুরে দেখতে হবে। জোরপূর্বক নয়, সামান্য স্পর্শভাব রেখে গ্যাপ পূর্ণ করতে হবে। এবার ফলাগুলির যোগফল হবে ঐ গ্যাপের মাপের সঠিক পরিমাণ। এইভাবে কোন যন্ত্র বা যন্ত্রাংশের বিভিন্ন সুক্ষ্ম ক্লিয়ারেন্স (Clearance), যেমন—বিয়ারিং'এর ক্লিয়ারেন্স, পিষ্টন সিলিন্ডারের ক্লিয়ারেন্স, টারবাইন ও পাম্পের ভিতরকার বিভিন্ন ধাপ ও ইম্পেলারের ক্লিয়ারেন্স এই ফিলার গেজ দিয়ে সহজে মাপা যায়।

লেবেল (Level) :— কোন যন্ত্র ভূমির সাথে সমান্তরাল আছে কিনা তা পরীক্ষা করে দেখার জন্য লেবেল ব্যবহার করা হয়। রাজমিস্ত্রি, পাইপ ফিটার, মেসিনিষ্ট এই লেবেল ব্যবহার করে কোন তল (Surface) বা দন্ডের সমতলত্ব পরীক্ষা করে দেখে। আবার ভূমির সাথে একই রকম ঢালু রেখে কোন তল তৈরী বা পরীক্ষার জন্যও এই লেবেল ব্যবহার করা যেতে পারে।

লেবেল অনেক রকমের হতে পারে। সাধারন কাজের জন্য স্পিরিট লেবেল বা ওয়াটার লেবেল ব্যবহার হয়, যার একটি তল মসৃন থাকে। এর বডি কাঠ বা

লোহার হয়ে থাকে। উপরের অংশে একটি কাচের টিউব থাকে যার মধ্যে পানি বা স্পিরিট দ্বারা পূর্ণ করে দুই তিন ফোঁটা পরিমান ফাঁকা রেখে দেয়া হয়। ইহাই লেবেলের পয়েন্টার বা নির্দেশক হিসাবে কাজ করে। যদি লেবেল কোন তলে বসানোর পর এই ফোঁটা লেবেলের মধ্য দাগ বা শূন্য দাগ বরাবর থাকে তবে তল ঠিক আছে অর্থাৎ ঢালু নাই বুঝতে হবে। যদি তা না হয়ে কোন একদিকে সরে থাকে, তবে তলটি ঐ দিকে ঢালু আছে বুঝতে হবে। এবং কতটুকু ঢালু আছে তা ঐ লেবেলের স্কেলের হিসাব থেকে বুঝা যাবে। সাধারন কাজে ১ দাগ = ১ মিলিমিটার প্রতি মিটার দৈর্ঘ্যের জন্য। ২ দাগ ডানে গেলে বুঝতে হবে তলটি প্রতি এক মিটারে ১X২=২মিঃমিঃঢালু।

গুরুত্বপূর্ণ যন্ত্রপাতি সংস্থাপনের সময় উন্নত মানের ও সুক্ষ্ম মাপের লেবেল ব্যবহার অপরিহার্য্য। মাইক্রোমিটার সংযুক্ত লেবেল আছে যা টারবাইন, বড় প্যাম্প ইত্যাদি সংস্থাপন, উত্তোলন ও ওভারহোলিং কাজের সময় ব্যবহার হয়। এবং এর সুক্ষ্মতা ১ দাগ =·০১ মিঃমিঃ প্রতি এক মিটারের জন্য হয়ে থাকে।

তাপ, তাপমাত্রা, চাপ ও প্রবাহ (Heat,Temperature,Pressure and flow)

অনেক যন্ত্রের উপর তাপ, চাপ এবং প্রবাহ যথেষ্ট ভূমিকা পালন করে থাকে। একটি যন্ত্র চলার সময় তার বিভিন্ন অংশের তাপমাত্রা সঠিক আছে কিনা বা চাপের কোন তারতম্য হল কিনা তা লক্ষনীয় বিষয়। একটি পাম্পের পানি উত্তোলনের চাপ বা প্রবাহ দেখে বুঝা যায় যে যন্ত্রটির সংরক্ষণ দরকার কিনা এবং কতটা অকেজো হয়েছে তা অনুমান করা যায়। তাপে ধাতব পদার্থ দৈর্ঘ্যে তথা আয়তনে বাড়ে। সুতরাং যে যন্ত্র উত্তপ্ত পরিবেশ বা অধিক তাপমাত্রার প্রক্রিয়ায় ব্যবহৃত হয় তার বিভিন্ন ক্লিয়ারেন্স তাপমাত্রা অনুসারে রাখতে হয়। সেইসব যন্ত্র পরিচালনা এবং মেরামত কাজ করার সময় তাপ ও চাপের প্রভাবের কথা মনে রাখতে হবে। আর এইসব কারণে তাপমাত্রা,তাপ,চাপ ও প্রবাহের মাপ পরিমাপ সম্পর্কে কিছু জানা থাকা ভাল।

তাপমাত্রা ও তাপ (Temperature and Heat):- কোন বস্তুর তাপের অবস্থা ,মান বা লেবেল (level) কতটা তাহা তাপমাত্রা দ্বারা প্রকাশ করা হয়। একটি উদাহরণ দিয়ে তাপ ও তাপমাত্রাকে বুঝান গেল। একটি বড় বালতি গরম পানিতে পূর্ণ আছে মনে করি। থার্মোমিটার দিয়ে দেখা গেল এর

তাপমাত্রা ৬০$^\circ$c। আরেকটি ছোট বালতি যার মধ্যে রাখা পানির তাপমাত্রা ৯০$^\circ$c। তাপমাত্রা অনুসারে বড় বালতির পানির তাপমাত্রা এমন যে তাহা স্পর্শ করা সম্ভব কিন্তু ছোট বালতিতে তাহা সম্ভব নয়। কিন্তু মোট তাপ বা হিটের পরিমান বড় বালতিতেই হয়ত বেশী। অন্যভাবে বলা যায় যে অল্প পানিকে ফোটাতে যতটা তাপের দরকার, বেশী পানিকে ফোটাতে তাপের পরিমান আরো বেশী লাগবে; যদিও ফুটন্ত পানির তাপমাত্রা দুটারই সমান অর্থাৎ ১০০$^\circ$c।

সুতরাং যে কোন তাপ মাত্রায় বস্তুতে ধরে রাখা মোট উত্তাপকে তাপ (Heat) বলে। আর তাপের অবস্থা বা মাত্রাকে তাপমাত্রা বলে।

তাপমাত্রাকে মাপার জন্য সাধারনত দুইটি স্কেল ব্যবহার হয় একটি সেন্টিগ্রেড এবং অন্যটি ফারেনহাইট। এ ছাড়া কেলভিন, রোমার, রেঙ্কিন ইত্যাদি স্কেলও আছে, কিন্তু এগুলির ব্যবহার অত্যন্ত কম। সেন্টিগ্রেড মাপ পদ্ধতি সুবিধাজনক বিধায় সর্বত্র এর ব্যবহারই অধিক।

সেন্টিগ্রেড পদ্ধতির স্কেল নির্ধারণ এভাবে করা হয়েছে। অর্থাৎ বরফ যে তাপমাত্রায় গলতে শুরু করে তা ০$^\circ$সেন্টিগ্রেড এবং বিশুদ্ধ পানি সাধারন বায়ু চাপে (৭৬সেঃমিঃ পারদ স্কেল বা ১৪·৭ psi) যে তাপমাত্রায় ফুটতে থাকে বা বাষ্প হতে শুরু করে তা ১০০$^\circ$ সেঃ।এই দুই অবস্থার পার্থক্যকে ১০০ ভাগে ভাগ করে প্রতিভাগের মান ধরা হয়েছে ১ ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড (Centigrade or Celsius) বা সংক্ষেপে ১$^\circ$ সেঃ (1^0 c)। যদি তাপমাত্রা ০ ডিগ্রীর চেয়েও কম হয় তখন তাহা বিয়োগ চিহ্ন দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

ফারেনহাইট স্কেলের পানির ফুটনাংক ধারা হয়েছে ২১২$^\circ$ ফারেনহাইট (^{0}F) এবং বরফাঙ্ক ধরা হয়েছে ৩২$^\circ$F। অতএব সেন্টিগ্রেডের ১০০ ভাগ, ফারেনহাইটের (২১২−৩২) = ১৮০ ভাগের সমান বা ১ ভাগ সেঃ= ১·৮ ভাগ ফাঃ। তাপমাত্রার হিসাবে ক$^\circ$ সেন্টিগ্রেড = (১·৮ x$^\circ$ সেঃ+৩২)$^\circ$ফাঃ যেমন৪০$^\circ$c = (১·৮X৪০+৩২) = ১০৪$^\circ$ ফাঃ, তদরূপ খ$^\circ$ ফারেনহাইট = ($^\circ$ক −৩২) ÷১·৮ $^\circ$ সেঃ। তাপমাত্রা ০ ডিগ্রী সেন্টিগ্রেডের নীচেও হয়। পৃথিবীর কোন কোন অঞ্চলে শীতকালে −২০$^\circ$ সেঃ পর্যন্ত কমে যায় যা মানুষ বাসের অযোগ্য হয়ে উঠে। প্রকৃত পক্ষে কোন বস্তুর তাপমাত্রা বৈজ্ঞানিক উপায়ে কমিয়ে কমিয়ে−২৭৩·১৮$^\circ$সেঃ বা বলা যায়−২৭৩$^\circ$সেঃ পর্যন্ত নীচে পৌছান যায়। এর নীচে আর শীতল করা সম্ভব নয়। এই অবস্থায় বস্তুটি প্রকৃত তাপশক্তি শূন্য।

সুতরাং তাপমাত্রার প্রকৃত শূন্য ডিগ্রী হল –২৭৩·১৮বা –২৭৩°c অথবা আমরা বলব ০° কেলভিন। যে কোন বস্তুর প্রকৃত তাপমাত্রা (Absolute temperature) কেলভিনে (Kelvin) সংক্ষেপে °k দ্বারা প্রকাশ হয়ে থাকে। রেঙ্কিনও হতে পারে। অতএব °k=(k-২৭৩)°c

তাপমাত্রায় এই রূপ দ্বিতীয় একটি স্কেল ব্যবহার করা হয় যাকে এবসলিউট সেন্ট্রিগ্রেড স্কেল বলে। যদি বলা হয় ৫°c তাহলে বুঝতে হবে তাপমাত্রা ২৭৩+৫=২৭৮°c Absolute = ২৭৮°k ,অর্থাৎ কেলভিন স্কেল এবং এবসলিউট সেন্টিগ্রেড স্কেল একই। তাপমাত্রার স্কেল রূপান্তরের জন্য নিম্ন লিখিত সূত্রগুলি ব্যবহৃত করা হয়ঃ

$$\frac{{}^{o}F-32}{180}=\frac{{}^{o}C}{100}$$

$$^{0}F = 1.8 \times {}^{o}C+32$$

$$^{o}C = \frac{5}{9} \times ({}^{o}F-32)$$

$$^{o}F \text{ abs or } {}^{o}R = {}^{o}F + 459.58$$

$$^{o}C \text{ abs. or } {}^{o}k = {}^{o}C + 273.1$$

তাপমাত্রা মাপার জন্য সাধারণত যে যন্ত্রটি ব্যবহার করা হয় তা হল পারদ মিটার বা থার্মোমিটার (Thermometer)। একটি কাচের সুক্ষ্ম নলের এক মাথায় ছোট থলি বা বাল্ব (bulb) থাকে যার মধ্যে পারদ রাখা হয়। এই থলির অংশে তাপ দিলে পারদ আয়তনে বাড়তে থাকে এবং থারমোমিটারের সুক্ষ্ম নল দিয়ে উপরে উঠতে থাকে। তাপমাত্রা যত বেশী হবে পারদের আয়তন বৃদ্ধি তত বেশী হবে এবং নলের মধ্যে ততটা বেশী উপরে উঠবে। এই ধরনের একটি থার্মোমিটারকে বরফের গলনাঙ্ক অবস্থায় রেখে দিলে পারদ নলের মধ্যে যেখানে থাকবে সেখানে ০°c চিহ্নিত করা হয়। আবার ফুটন্ত পানিতে রাখার পর পারদ যেখানে উঠে স্থির হবে সেই বরাবর ১০০°c চিহ্নিত করা হয়। এই ০°–১০০°c চিহ্নিত নলের অংশকে ১০০টি সমানভাগে ভাগ করে চিহ্নিত করে নিলেই সেন্ট্রিগ্রেড থার্মোমিটার হয়ে গেল।এইভাবে অন্যান্য স্কেলের থার্মোমিটারও তৈরী করা হয়।

পারদ থার্মোমিটার সাধারন কাজ এবং লেবরেটরীতে ব্যবহারের জন্য যথেষ্ট উপযুক্ত হলেও কাচের ভংগুরতার জন্য যন্ত্রপাতিতে ব্যবহারের জন্য উপযুক্ত নয়। সে জন্য অন্য পন্থা বের করা হয়েছে। আমরা জানি কোন আবদ্ধ স্থানে কোন তরল বা গ্যাস জাতীয় পদার্থকে তাপ দিলে তাহা আয়তনে বেড়ে গিয়ে আবদ্ধ পাত্রের ভিতর চাপ (pressure) বাড়াতে থাকে। অর্থাৎ কিনা তাপমাত্রা যত বাড়তে থাকবে চাপও সেই অনুপাতে চারলস ও বয়লস ল'র (Charle's & Boyles law) নীতি অনুসারে বাড়তে থাকবে। এই পদ্ধতি কাজে লাগিয়ে তরল, বাষ্প বা গ্যাস দ্বারা পূর্ণ (Liquid, Vapor or gas filled thermometer) থার্মোমিটারের প্রচলন হয়েছে। এক্ষেত্রে একটি ধাতু নির্মিত থলিতে পারদ, নাইট্রোজেন গ্যাস, বা সুবিধাজনক যে কোন গ্যাস দ্বারা পূর্ন করে সেখান থেকে ধাতুর সুক্ষ্ম নল দিয়ে যে কোন চাপ মাপক যন্ত্রের সাথে সংযুক্ত করে দিলে তাপমাত্রা অনুসারে চাপ মাপা সম্ভব। পূর্বের নিয়ম অনুসারে চাপের স্কেলকে তাপমাত্রা অনুসারে ভাগ করে আমরা যন্ত্রে ব্যবহারযোগ্য থার্মোমিটার পেয়ে থাকি।

বর্তমান যুগে অনেক উন্নত মানের তাপমাত্রা মাপক যন্ত্র সহজ পদ্ধিতে তৈরী করা হচ্ছে যা দ্বারা অতি উচ্চ তাপমাত্রা মাপা যায়। বিভিন্ন তাপমাত্রায় ধাতুর প্রকৃতি এবং বৈদ্যুতিক স্বাভাবের পরিবর্তন হয়ে থাকে। এই পরিবর্তনকে কাজে লাগিয়ে থারমোকাপল (Thermo-Couple) নামক ইলেক্টনিক ও ডিজিটাল থার্মোমিটার তৈরী হচ্ছে। এইসব তাপ মাপক যন্ত্র কলে কারখানায় ব্যবহারের জন্য খুবই উপযোগী। কারন এই ধরনের মাপক যন্ত্রে সৃষ্ট ভোল্টেজকে বৈদ্যুতিক তারের মাধ্যমে যন্ত্র হতে যে কোন স্থানে বা কন্ট্রোলরুমে সহজে স্থানান্তরিত করা যায়।

তাপ মাপার জন্য দুইটি একক সর্বত্র বেশী প্রচলিত। যথা–বৃটিশ থারমাল ইউনিট (Brtish thermal unit) বা সংক্ষেপে বিটিইউ (Btu), অন্যটি হল কিলোগ্রাম কেলোরি (Kilogram, calorie) সংক্ষেপে কিলোকেলোরি বা গ্রাম কেলোরি।

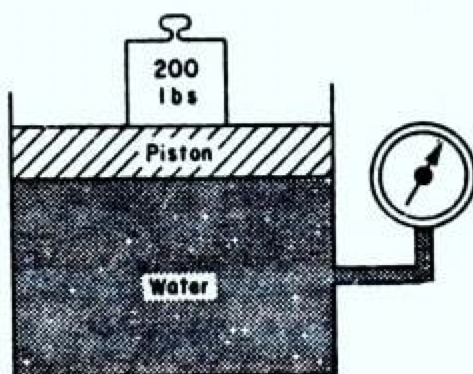
এক পাউন্ড পানিকে এক ডিগ্রী ফারেনহাইট (যেমন ৬২°হইতে ৬৩°F) উত্তপ্ত করতে যে পরিমান তাপের প্রয়োজন হয় তাকে এক বিটিইউ বলে।

এক কিলোগ্রাম পানিকে এক ডিগ্রী সেন্ট্রিগ্রেড তাপমাত্রা বাড়াতে বা উত্তপ্ত করতে যে পরিমান তাপের প্রয়োজন হয় তাকে এক কিলোকেলরী বলে। আর যদি এক গ্রাম পানি নেয়া হয় তাহলে তাকে গ্রাম কেলোরি বলা হয়।

চাপ (Pressure)ঃ- একক স্থানের (Area) উপর আরোপিত শক্তিকে (Force) চাপ বলে। যে কোন শক্তি কেবল একটি নির্দিষ্ট জায়গা জুড়ে যখন কাজ করে তখন ঐখানে একটি চাপের সৃষ্টি করে। যদি শক্তির পরিমান বেশী হয় তখন চাপের পরিমানও বেশী হবে এবং তা ঐ জায়গার প্রতিটি বিন্দুতেই সমান ভাবে বাড়বে। যদি আমরা ধরি যে চ =চাপ (pressure, p),শ=শক্তি (Force,F)এবং ক্ষ=ক্ষেত্র (Area, A) তাহলে $চ=\frac{শ}{ক্ষ}$ বা $P=\frac{F}{A}$

সূত্র থেকে আমরা বুঝতে পারি যে চাপের একক হবে একক স্থানে শক্তির পরিমান ।এখন শক্তি এবং স্থানের পরিমাপের পদ্ধতি অনুসারে চাপের পরিমাপক পদ্ধতিও ভিন্ন হবে।

একটি উদাহরন দিয়ে চাপ ও তার পদ্ধতির ভিন্নতা বুঝান গেল। নিম্নের চিত্রের মত একটি সিলিন্ডার নেই যার ব্যাস ৬ ইঞ্চি। এখন একে পানি দ্বারা পূর্ণ করি। পানির উপরে সিলিন্ডারের মাপ অনুযায়ী একটি পিষ্টন রাখি যার ওজন ৪০ পাউন্ড। এবার এই পিষ্টনের উপর ২০০পাউন্ড ওজন রেখে দেই। তাহলে পানির উপর কত চাপের সৃষ্টি হচ্ছে দেখা যাক।



চিত্র নং-৮, পিসটন ও সিলিন্ডারের মাধ্যমে পানির চাপের উদাহরণ

পিষ্টন যে স্থান জুড়ে কাজ করছে তার পরিমাণ, ক্ষ = $\pi \times (\frac{৬}{২})^২$ = ২৮·২৬ বর্গইঞ্চি, মোট শক্তির পরিমান =২০০ পাঃ + পিষ্টনের ওজন =২৪০পাঃ ∵ (π = ৩·১৪, Area = A = $\pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 = \pi r^2$)

সুতরাং চাপের পরিমান হল = $\frac{২৪০}{২৮·২৬}$ = ৮·৪৯ পাঃ/প্রতি বর্গইঞ্চি বা pounds per square inch, সংক্ষেপে পি,এস,আই (psi)। এই চাপ সিলিন্ডারের ভিতরের যে কোন বিন্দুতেই সমান হবে। আমরা যদি সিলিন্ডারে একটি ছিদ্র করে সেই দিকে একটি চাপ মাপক যন্ত্র বা মেনোমিটার লাগিয়ে দেই তাহলে দেখব যে তার কাঁটা ৮·৪৯ পি,এস,আই দাগ পর্যন্ত গিয়েছে। যদি মিটারের পরিবর্তে একটি পানির নল সংযুক্ত করে দেয়া হয় তাহলে দেখা যাবে যে নলের ভিতর দিয়ে পানি প্রায় ২৩৫·৫ইঃ উপরে উঠে গেছে, তখন আমরা বলব যে চাপের পরিমান ৮·৪৯+০·০৩৬১৪=২৩৫·৫ইঞ্চি পানি সমান; যেহেতু এক ঘনইঞ্চি পানির ওজন =০·০৩৬১৪ পাঃ। একই ভাবে যদি আমরা একটি ২০ সেঃ মিঃ ব্যাসের সিলিন্ডার নেই। পিষ্টনের ওজন হয় ২০কিঃগ্রাম এবং ৯০ কিঃ গ্রাঃ ওজন রাখি তাহলে চাপের পরিমান হবে

$$চ = \frac{২০+৯০\text{কিঃগ্রাঃ}}{\pi \left(\frac{20}{2}\right)^2 \text{সেঃমিঃ}} = ০·৩৫\ \text{কিঃগ্রাঃ/সেঃমিঃ}^২\ \text{বা Kg/cm}^2$$

এই ভাবে আমরা চাপকে বিভিন্ন এককে প্রকাশ করতে পারি।

চাপকে প্রধানতঃ নিম্নলিখিত কয়েকটি পদ্ধতিতে প্রকাশ করা হয়ঃ

১। প্রতিবর্গ ইঞ্চিতে পাউন্ড পরিমান চাপ, পিএসআই (psi)	
২। প্রতি বর্গফুটে " " " "	পি এস, এফ (psf)
৩। প্রতি বর্গ সেন্টিমিটারে গ্রাম " "	g /cm ^{2}
৪। প্রতি বর্গ সেঃ মিঃ কিলোগ্রাম " "	kg/ cm ^{2}
৫। ইঞ্চিতে পানি পরিমাণ উচ্চতা	inches of water
৬। ইঞ্চিতে পারদ " "	inches of mercury
৭। বায়ু চাপ পরিমান একক	Ata
৮। বেরোমিটার অনুযায়ী বায়ু চাপের একক	Bar

১। পি এস আই (psi) সম্পর্কে পূর্বের উদাহরনে ব্যাখ্যা করা হয়েছে অর্থাৎ প্রতি বর্গ ইঞ্চিতে চাপের পরিমান কত পাউন্ড তাহাই পি, এস ,আই দ্বারা প্রকাশিত হয়।

২। প্রতি বর্গ ইঞ্চির পরিবর্তে প্রতি বর্গফুটে চাপের পরিমান কত পাউন্ড তাহাই psf দ্বারা বুঝায়। অর্থাৎ psf =psi x144

৩। প্রতি বর্গ সেন্টিমিটারে কত গ্রাম ওজন পরিমান চাপ আছে তাহাই g/cm^2 দ্বারা বুঝায়।

৪। প্রতি বর্গ সেন্টিমিটারে কত কিলোগ্রাম পরিমান চাপ তাকে kg/cm^2 দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

৫। কোন কলাম বা গেজের পানির উচ্চতা দ্বারাও চাপকে প্রকাশ করা যায়। কোন স্থানের চাপের কারণে সংযুক্ত কলামে পানির যে উচ্চতা দেখা যায় তাহাই ইঞ্চির মাপে হিসাব প্রকাশ করা হয়। আমরা জানি যে এক ঘনফুট পানির ওজন ৬২·৪পাউন্ড বা এক ঘন ইঞ্চি পানির ওজন ০·০৩৬১৪পাউন্ড। সুতরাং এই পানির ইঞ্চি মাপকে পি এস আই এককে পরিবর্তিত করা যায়। অর্থাৎ ১ ইঞ্চি পানি চাপ = ০·০৩৬১৪পি এস আই ,এবং ১ফুট উচ্চতা পানি কলামের চাপ = ০·৪৩৩৬পি, এস,আই।

৬। পানির পরিবর্তে কলামে পারদ নিলে তার উচ্চতা যেই পরিমান হবে তাহাই পারদ ইঞ্চি চাপ। পারদের ঘনত্ব পানির চেয়ে ১৩·৬ গুন বেশী। সে জন্য পারদের কলামের উচ্চতা পানির তুলনায় ১৩·৬ গুণ কম উঠবে। ফলে অধিক চাপের পরিমান নিতে পানির কলামের পরিবর্তে পারদের কলাম ব্যবহার উপযুক্ত। এই মাপকেও পি,এস, আইতে প্রকাশ করা যায়। অর্থাৎ ১ ইঞ্চি পারদ চাপ = ০·০৩৬১৪ x ১৩·৬=০·৪৯১৫ পি, এস, আই; এই পারদ চাপকে মিঃ মিঃ বা সেঃমিঃ কলাম উচ্চতায়ও প্রকাশ করা হয়ে থাকে। অর্থাৎ ১মিঃ মিঃপারদ চাপ = $\frac{১}{২·৫৪}$ x ০·৪৯১৫ = ০·১৯৩৫ psi

৭। আমরা জানি যে বায়ুমন্ডল পৃথিবীর সর্বত্র বিরাজ করছে। বায়ুরও ওজন আছে এবং ভূমির উপর এই চাপের পরিমান ১৪·৭ psi ।এই চাপের পরিমাণকে একক হিসাবে ধরে কোন উচ্চ চাপকে প্রকাশ করা যায়। এর

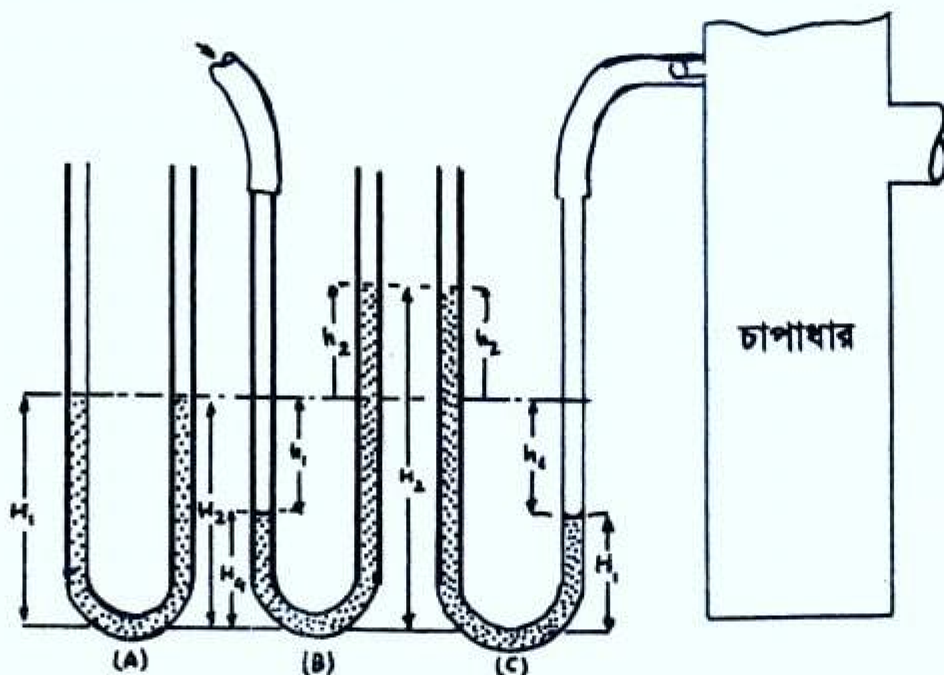
নামকরন করা হয়েছে একক বায়ুমন্ডলের চাপ বা এটমোস্ফিয়ারিক প্রেসার (Atmospheric Pressure), সংক্ষেপে আটা Ata। কোন স্টীম লাইনের চাপ ৫ Ata বললে আমরা বুঝব এই যে ঐ লাইনের চাপ ৫X১৪·৭ psi। বায়ুমন্ডলের চাপ ০°c তাপমাত্রায় পারদ কলাম অনুসারে ৭৬সেঃ মিঃ পারদ উচ্চতা হয়ে থাকে। অর্থাৎ 1Ata =14.7psi =76 cm of murcury.

৮। বায়ুমন্ডলের চাপকে মাপার জন্য বেরোমিটার ব্যবহার করা হয়। পূর্বে বায়ুমন্ডলের চাপকে বিশুদ্ধ ভাবে মাপা যেত না। বেরোমিটারে বায়ুমন্ডলের যে চাপ পাওয়া যেত তাহাই বেরোমেট্রিক চাপ (barometric pressure) বা সংক্ষেপে bar বলা হত। ইহা প্রকৃত বায়ুমন্ডলের চাপের চেয়ে সামান্য কম অর্থাৎ ০·২ psi কম। পরিমাপের সুবিধার জন্য এই বারকে bar স্ট্যান্ডার্ড একক হিসাবে ধরে নিয়ে অতি উচ্চ চাপকে সহজে প্রকাশ করার নিয়ম প্রবর্তিত হয়েছে এবং এখনও আছে। অর্থাৎ ১ বার বলতে আমরা বুঝব ১৪·৭–০·২ =১৪·৫০ psi।

এই প্রসংগে বলা যায় যে যেহেতু বায়ুমন্ডলের চাপ সর্বত্র বিরাজিত এবং যে কোন বস্তুর চারিদিকে এর পরিমাণ সমান। সেজন্য আমরা এই চাপকে অনুভব করি না। সেক্ষেত্রে আমরা বলি এখানে কোন চাপ নেই বা চাপ শূন্য। কিন্তু প্রকৃতপক্ষে সেখানে চাপের পরিমান এক বার। এক বারকে মেট্রিক পদ্ধতির নিয়ম অনুসারে এক হাজার মিলিবারে ভাগ করা হয়েছে। যদি কোন আবদ্ধ স্থানের চাপ বায়ুমন্ডলের চাপের চেয়ে কম হয় তবে আমরা বলি সেখানে বায়ুচাপ শূন্যতা বা ভেকুয়াম বিরাজ করছে। সুতরাং দেখা যাচ্ছে যে ভ্যাকুয়াম (Vacuum) হল বায়ু চাপ হীনতা। বায়ুচাপ থেকে কতটা কম চাপ আছে সেই ভাবেই এর হিসাব ধরা হয়। যেমন –০·৫bar বা –৭·২৫ psi বলতে আমরা বুঝি যে সেখানকার ভ্যাকুয়াম হল বায়ুচাপের অর্ধেক। এমনিভাবে কোন স্থানের বায়ুচাপকে কমিয়ে বা নিষ্কাশন করে প্রায় ১ বার বা ১৩·৮ পি এস আই পর্যন্ত নেয়া সম্ভব এর বেশী নয়। বস্তুত এই অবস্থায় স্থানটি সম্পূর্ন বায়ু চাপহীন বা পুর্ণ ভেকুয়াম। এই অবস্থাকেই বৈজ্ঞানিকেরা প্রকৃত শূন্য চাপ (Absolute Zero pressure) বলে ধরে থাকে। অতএব কোন গেজ বা মিটারে যখন ৬ বার চাপ দেখায় তাহা প্রকৃত পক্ষে ৬+১ =৭ বার চাপ হওয়া উচিত। অথবা আমরা বলব ৬ বার, গেজ প্রেসার নতুবা বলব ৭ বার, এবসলিউট প্রেসার। সুতরাং সূত্র হিসাবে ধরা যায় যে–

এবসলিউট প্রেসার = গেজ প্রেসার +বায়ুমন্ডলের প্রেসার।

চাপ মাপক যন্ত্র :– চাপ মাপার জন্য 'U'টিউবের ব্যবহার সহজ ও প্রাচীন। 'U'আকারের কোন টিউবের এক মাথা রাবার বা পাইপ লাইন দ্বারা প্রয়োজনীয় যন্ত্র বা আধারের সাথে সংযুক্ত করা হয়ে থাকে।অন্য মাথা বায়ুমন্ডলে মুক্ত থাকে। 'U' টিউব সাধারনত কাচের হয়ে থাকে এবং একটি বোর্ডে তাহা বসান থাকে এবং টিউব বরাবর তার মধ্যে ইঞ্চি বা মিলিমিটারে দাগ কাটা থাকে। এই 'U' টিউবের প্রায় অর্ধেক পরিমাণ উচ্চতায় পানি,পারদ ,এলকোহল বা অন্যকোন তরল পদার্থ দ্বারা ভর্তি করা থাকে। এখন চাপের কারণে টিউবের মুক্ত বাহুর তরল পদার্থ উপরে উঠে যাবে এবং অন্য বাহুর কলাম সেই অনুসারে নেমে যাবে।নিম্নের চিত্র দেখান হলঃ



চিত্র নং–৯, U–টিউব ও চাপাধার।

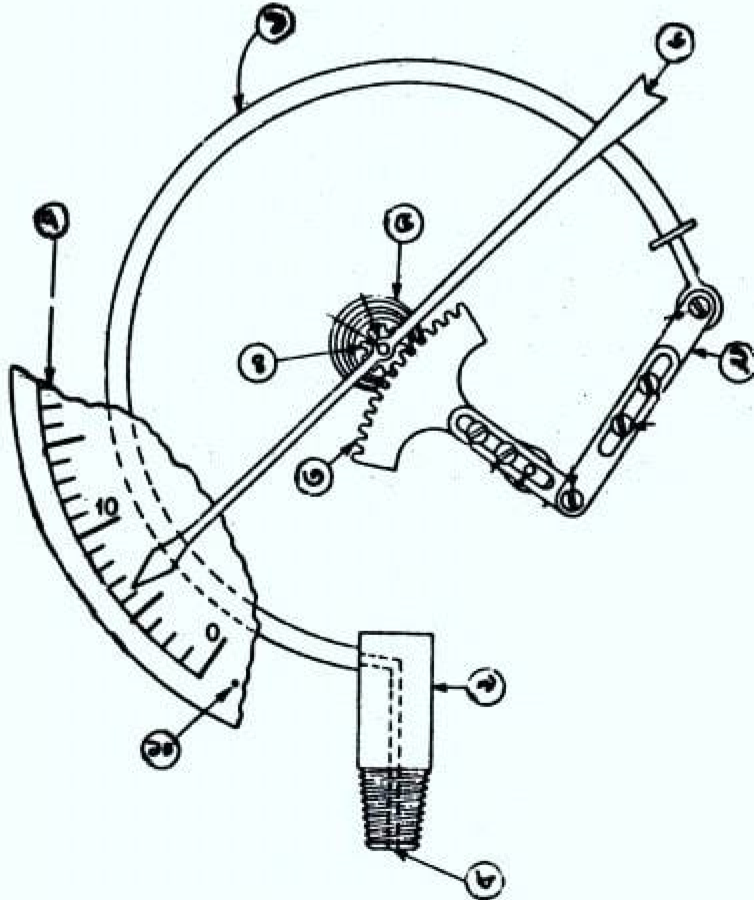
আধারের চাপের পরিমাপ নির্ভর করবে টিউবের তরল পদার্থের লেবেলের পার্থক্যের উপর।উপরের চিত্র অনুসারে –

চাপের পরিমাণ = $(h_1 + h_2) \times d = H \times d$

= টিউব লেবেলের মোট পার্থক্যের উচ্চতা x তরল পদার্থের ঘনত্ব।

উপরের সূত্রকে কাজে লাগিয়ে বিভিন্ন ধরনের কলাম ,টিউব,রিজারভার পট ব্যবহার করে বিভিন্ন টাইপের মাপক যন্ত্র তৈরী হয়েছে। তবে এই সব মাপক যন্ত্রে উচ্চ চাপ মাপার সীমাবদ্ধতা আছে । তাছাড়া গঠন প্রকৃতির জন্য সব রকম যন্ত্রে ব্যবহার করা সুবিধাজনক নয়।

ফ্রান্সের ইয়োগন বারডন ১৮৪৯সনে চাপ মাপার জন্য নতুন পথ দেখান। আভ্যন্তরীন চাপের কারনে কোন পাতলা গোলাকৃতি বা ইলেপ্টিকাল আকারের ধাতু –টিউব তাহার আকৃতির পরিবর্তন ঘটায় বা ঘটাতে চেষ্টা করে। অর্থাৎ যদি 'C'এর মত বক্রাকৃতির হয় তাহলে তাহা সোজা হওয়ার চেষ্টা করে এবং ফলে উহার খোলা মাথা পূর্বের স্থান হতে চাপ অনুসারে কিছুটা দূরত্বে সরে যায়। এই সূত্র থেকে বারডন গেজ চাপ মাপার যন্ত্র তৈরি হয় যাহা ব্যাপক হারে এখনও সর্বত্র ব্যবহার হচ্ছে । নিম্নে একটি নমুনা চিত্র দেয়া হলঃ



চিত্র নং–১০, বারডন প্রেসের গেজ

১। বার্ডন টিউব (Burdon tube) ২। লিঙ্কস (Links) ৩। সেগমেন্ট গিয়ার (Segment gear) ৪। পিনিয়ন (pinion) ৫। হেয়ার স্প্রিং (Hair spring) ৬।পয়েন্টার (pointer) ৭। গেজ স্কেল (gauge scale) ৮। চাপ আসার পথ (pressure entrance) ৯। সংযোগ নিপল (connecting nipple) ১০। কভার গ্লাস (cover glass)

বর্তমান যুগে স্প্রিং,বেলুজ, ডায়াফ্রাম ইত্যাদি ব্যবহার করে নানা ধরনের চাপ মাপক যন্ত্র তৈরী করা হচ্ছে। এইগুলি প্রয়োজন অনুসারে বিশেষ বিশেষ স্থানে ব্যবহারের জন্য যথেষ্ট উপযোগী।

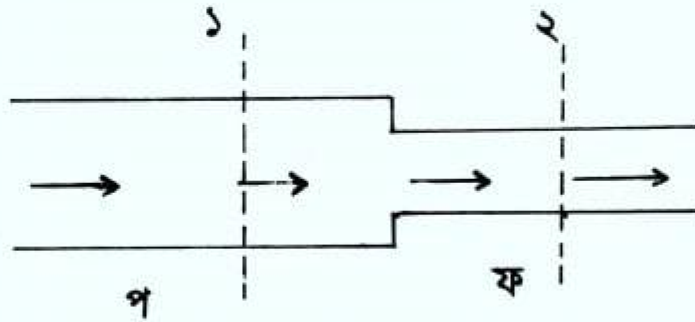
প্রবাহ (Flow) ঃ– প্রবাহ বলতে আমরা বুঝি যে কোন পদার্থ বা বস্তু কোন গতিবেগে একস্থান হতে অন্য স্থানে বয়ে যাচ্ছে; যেমন নদীতে পানির প্রবাহ বা পানি বয়ে যাওয়ার ধারা। আবার যে পাইপের মধ্য দিয়ে পানি সরবরাহ হচ্ছে তারও প্রবাহ আছে। বাতাস যে বয়ে যাচ্ছে সেটাও এক প্রকার প্রবাহ। আসলে প্রবাহকে বয়ে যাওয়ার হার বা পরিমাণ (Rate of flow or Quantity of flow) হিসাবে চিহ্নিত করা যায়। যখন কোন পদার্থ নির্দিষ্ট স্থান নির্দিষ্ট সময়ে অতিবাহিত করে তখন তাকে ঐ পদার্থের প্রবাহের হার বলে। অর্থাৎ এখানে দুটি বিষয় বিবেচনার মধ্যে আসছে। কি পরিমাণ পদার্থ এবং কত সময়, যদি পরিমাণ Q হয় এবং সময় T হয় তাহলে প্রবাহের হার হবে $R = \frac{Q}{T}$ অথবা $Q = R \times T$.

মনে করি একটি পাইপ দিয়ে পানি প্রবাহিত হয়ে একটি ট্যাঙ্কে জমা হচ্ছে। যদি চার ঘন্টায় ২০০০ গ্যালন পানি জমা হয় তাহলে ঐ পাইপে পানির প্রবাহ হল $\frac{২০০০}{৪}$ = ৫০০ গ্যালন প্রতি ঘন্টায়। প্রবাহের একক অনেক প্রকার হতে পারে, যথা–গ্যালন/ঘন্টা, গ্যালন/মিনিট, পাইন্ড/মিনিট, কিলোগ্রাম/ঘন্টা, ঘনফুট বা ঘনমিটার/ মিনিট ইত্যাদি।

কোন পাইপ লাইনে কি পরিমাণ পানি বা গ্যাস প্রবাহিত হচ্ছে তাহা সরাসরি পরিমাপ করা সম্ভব নয়। ঐ লাইনে পানি বা গ্যাসের চাপ, পাইপের সাইজ ও সময়ের হিসাব থেকে প্রবাহের পরিমাণ বের করা হয়। এই হিসাব বুঝতে হলে আমাদের বার্নলির এনার্জি সমীকরণ (Bernoulli's Energy Equation) সম্পর্কে বুঝতে হবে। তাহার মতে যখন কোন পদার্থ একটি

সীমাবদ্ধ পথে (Closed circuit) প্রবাহিত হয় তখন যে কোন স্থানে ঐ পদার্থের অন্তর্নিহিত মোট শক্তির পরিমাণ সমান; অবশ্য পাইপ লাইনের ফ্রিকসন লস নগন্য বিধায় হিসাবে বাদ দেয়া হয়েছে।

মনে করি একটি ৩০ বর্গ ইঞ্চি এরয়িা পাইপ 'প' এর মধ্যে দিয়ে কোন তরল পদার্থ বা পানি প্রথমে প্রবাহিত হয়ে পরে একটি ১০ বর্গ ইঞ্চি পাইপ 'ফ' দিয়ে প্রবাহিত হয়ে একটি ট্যাঙ্কে গিয়ে জমা হচ্ছে।



চিত্র নং—১১, পাইপের মাধ্যমে প্রবাহের উদাহরণ

উপরের চিত্র অনুসারে আমরা যদি মোটা পাইপে ১ নং বিন্দু এবং চিকন পাইপে ২নং বিন্দু বরাবর ধরি তবে বার্নলির সমীকরণ হিসাবে উভয় বিন্দুতে মোট শক্তির পরিমাণ সমান।

ক) ১ নং বিন্দুতে শক্তি বা কাইনেটিক এনার্জি (Kinetic Energy) অর্থাৎ ১ নং বিন্দু বরাবর পদার্থের গতি যদি V_1 হয় তবে এর শক্তির পরিমাণ হবে–

$$\frac{\gamma A_1 V_1}{2g} V_1^2 = \frac{\gamma A_1 V_1^3}{2g}$$

$$\because KE = \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} \frac{WV^2}{g} = \frac{\gamma AV^3}{2g}$$

এবং - mass $m = \frac{w}{g} = \frac{\gamma AV}{g}, \frac{\gamma A_1 V_1}{g}$

γ = পদার্থের আপেক্ষিক ওজন বা ঘনত্ব

W = একক সময়ে প্রবাহিত পদার্থের ওজন $= m \times g = \gamma A_1 V_1 g$

g = মাধ্যাকর্ষন শক্তি জনিত ত্বরণ $= 32.2$ ft/Sec^2

V_1 = মোটা পাইপে প্রবাহের গতি

A_1 = মোটা পাইপের সেকসনাল এরিয়া

খ) চাপজনিত শক্তি বা প্রেসার এনার্জি (pressure energy) অর্থাথ ১ নং বিন্দুতে এর পরিমাণ হবে -$P_1A_1V_1$

P_1= ১নং বিন্দুতে পদার্থের চাপ যাহা প্রেসার গেজ বা মেনোমিটার লাগিয়ে মাপা সম্ভব।

গ) উচ্চতা জনিত স্থির এনার্জি (potential Energy) অর্থাৎ ১ নং বিন্দু যদি ভূমি থেকে H_1 পরিমাণ উচ্চতায় থাকে তবে এর পটেনসিয়াল এনার্জি হবে $H_1W_1=H_1\Upsilon A_1V_1$

W_1= ১নং বিন্দুতে প্রবাহিত পদার্থের ওজন = ΥA_1V_1

আবার পানির উচ্চতা জনিত পটেনসিয়াল এনার্জিকে কাইনেটিক এনার্জিতে রূপান্তরিত করার মূল সূত্র হল $H = \frac{V^2}{2g}$

বা $V = \sqrt{2gh}$

অনুরুপ ভাবে ২ নং বিন্দুতে শক্তি সমূহ হবে–

ক) $\frac{\Upsilon A_2 V_2{}^3}{2g}$ (kinetic energy)

খ) $P_2A_2V_2$ (Pressure energy)

গ) $H_2\ W_2$ বা $H_2\Upsilon A_2V_2$ (potential energy)

যেহেতু ১ নং এবং ২নং বিন্দু সমান উচ্চতায় অবস্থিত সেহেতু উভয় বিন্দুতে পটেনসিয়াল এনার্জি সমান বলা যায়।

অর্থাথ $H_1W_1 = H_2W_2 = H_2\Upsilon A_2V_2$

এখানে লক্ষ্য করার বিষয় হল এই যে মোটা পাইপে যে পরিমাণ পানি প্রবাহিত হচ্ছে সেই পরিমান পানি চিকন পাইপ দিয়েও প্রবাহিত হচ্ছে। ইহা তখনই সম্ভব যখন চিকন পাইপে প্রবাহের গতি বেড়ে যাবে। অর্থাৎ V_2 এর মান V_1এর চেয়ে বেশী হবে। আর এর ফলে ফ পাইপে ২নং বিন্দুতে চাপ কম হবে। সুতরাং বলা যায় যে কোন আবদ্ধ প্রবাহে গতি বেড়ে গেলে চাপ কমে যাবে এবং চাপ বেড়ে গেলে গতি কমে যাবে। আবার উভয় পাইপে যেহেত প্রবাহের পরিমাণ সমান সেজন্য বলা যায় $A_1V_1 = A_2V_2$; আবার যেহেতু উভয় বিন্দুতে মোট শক্তির পরিমাণ সমান সেজন্য আমরা লিখতে পারি যে

$$\frac{\Upsilon A_1 V_1^3}{2g} + P_1 A_1 V_1 + H_1 \Upsilon A_1 V_1 = \frac{\Upsilon A_2 V_2^3}{2g} + P_2 A_2 V_2 + H_2 \Upsilon A_2 V_2$$

উপরোক্ত সমীকরণকে সংক্ষেপে লেখা যায়

$$\frac{\Upsilon V_1^2}{2g} + P_1 + H_1 = \frac{\Upsilon V_2^2}{2g} + P_2 + H_2$$

$$\frac{\Upsilon V_1^2}{2g} + P_1 = \frac{\Upsilon V_2^2}{2g} + p2$$

যেহেতু $A_1V_1 = A_2V_2$ এবং $H_1 = H_2$

অর্থাৎ $V_2^2 - V_1^2 = \frac{2g}{\Upsilon}(P_1 - P_2)$ .... (1)

আমরা আগেই বলেছি যে $A_1V_1 = A_2V_2$

সুতরাং $V_2 = \frac{A_1}{A_2} V_1 = \frac{D_1^2}{D_2^2} V_1$

যেহেতু $A = \Pi \frac{D^2}{4}$, D = Pipe diameter.

ই মান এক নং সমীকরণে বসালে দাঁড়ায়

$$\left(\frac{D_1^2}{D_2^2} V_1\right)^2 - V_1^2 = \frac{2g}{\Upsilon}(P_1 - P_2)$$

$$V_1^2\left(\frac{D_1^4}{D_2^4} - 1\right) = \frac{2g}{\Upsilon}(P_1 - P_2) \quad \text{.........................} \quad (2)$$

$$V_1^2 = \frac{2g}{\Upsilon}(P_1 - P_2)\frac{1}{\left(\frac{D_1^4}{D_2^4} - 1\right)}$$

$$V_1 = \sqrt{\frac{2g}{\Upsilon}(P_1 - P_2)\frac{1}{\left(\frac{D_1^4}{D_2^4} - 1\right)}} \quad \text{..............} \quad (3)$$

উপরোক্ত ৩নং সমীকরণের ডান দিকের সব কিছুর মানই আমরা জানতে পারি। ফলে V_1বা V_2এর গতির মান বেরিয়ে পড়বে। আর এইভাবে আমরা ঐ পাইপের ভিতর দিয়ে প্রবাহ কত জানতে পারি। অর্থাৎ $Q = A_1V_1$

৩নং সমীকরণকে আমরা সহজ করে লিখতে পারি, কারণ এখানে V_1,P_1,P_2 পরিবর্তনযোগ্য বাকী সব মান সিদ্ধ (constant); অথবা আমরা বলতে পারি যে চাপের পার্থক্য অনুসারে গতিও কম বেশী হবে। বাস্তব ক্ষেত্রে পরীক্ষা নিরীক্ষা করার সময় সমীকরণে ফলিত ধ্রুব (Experimental constaut or discharge coefficient) C নিয়োগ করে সমীকরণের মানকে সঠিকরণ করা হয়। আর যদি সম্মিলিত ভাবে ধ্রুব ও সব সিদ্ধ মানকে K ধরা হয় তাহলে সমীকরণটি দাড়ায়–

$$V_1 = K\sqrt{P_1-P_2} = K\sqrt{\Delta P}$$

যেহেতু $$K = C\sqrt{\frac{2g}{r}\ \frac{1}{\left(\frac{D_1^4}{D_2^4}-1\right)}}$$

সুতরাং যে কোন পাইপে প্রবাহের একক সময়ের পরিমাণ হবে $Q = KA\sqrt{\Delta p}$ ....(4)

আর সর্ব মোট প্রবাহ হবে; $Q = KA\sqrt{\Delta p} \times T$ (T= মোট সময়)

এই সব সমীকরণকে কাজে লাগিয়ে প্রবাহ পরিমাপের জন্য ভেনচুরী মিটার (Venturi meter), অরিফিস মিটার (Orifice meter) এবং অন্যান্য পরিমাপক যন্ত্র আবিষ্কার হয়েছে।

কাজ,শক্তি,অশ্বশক্তি, (work, power, Horse power)ঃ–
যে কোন যন্ত্র ব্যবহারের উদ্দেশ্য হল যে ইহা নির্দিষ্ট পরিমান কাজ করবে। এই কাজ বিভিন্ন যন্ত্র বিভিন্ন পন্থায় সম্পন্ন করতে পারে। যেমন–একটি ক্রেন কয়েক টন মাল জাহাজ হতে জেটিতে তুলে দিতে পারে। একটি পাম্প প্রয়োজনীয় পানি লাইন থেকে টেঙ্কে তুলে দিতে পারে। একটি বৈদ্যুতিক পাখা ঘূর্ণনের মাধ্যমে বাতাস সঞ্চালিত করতে পারে। কল কারখানায় যন্ত্র দ্বারা কাজ সম্পন্ন করার

জন্য চালক হিসাবে বৈদ্যুতিক মটর ব্যবহার করা হয়। আবার কোথাও কোথাও ডিজেল বা পেট্রোল ইঞ্জিন ব্যবহৃত হয়। তাছাড়া মানুষ যখন তার শক্তি দিয়ে কিছু উৎপাদন করছে, তৈরী করছে বা বোঝা বহন করে একস্থান হতে অন্য স্থানে নিচ্ছে তখন তা অবশ্যই কাজ হিসাবে আখ্যায়িত হচ্ছে। কাজকে হিসাবের খাতায় আনার জন্য তার একটি সূত্র এবং একক ধরা হয়েছে। কোন শক্তি প্রয়োগের মাধ্যমে যখন বস্তুর স্থান পরিবর্তন ঘটে তখনই উহা কাজ বলে আখ্যায়িত হয়। সুতরাং কাজ (work) = শক্তি (force) x দূরত্ব (distance); কাজের সর্বত্র প্রচলিত একক হল ফুট–পাউন্ড (foot pound),সংক্ষেপে ft-lbs।

উদাহরন স্বরূপ ধরা যায় যে একটি লোক ৪০পাউন্ডের একটি চালের বস্তা ১০ ফুট উপরে তুলে গুদামজাত করল। এখন তার কাজের পরিমাণ হল কাজ=৪০পাঃ x ১০ফুট =৪০০ফুট–পাউন্ডস (foot pounds)

এবার আর একটি কথা থেকে যায়। অর্থাৎ এই কাজ করতে লোকটি কতটুকু সময় নিয়েছিল। একজন দুর্বল লোক এই কাজটি করতে হয়ত ২০ মিনিট সময় নেয়। আবার এই সমান পরিমাণ কাজ একটি সবল লোক ১০ মিনিটে হয়ত শেষ করতে পারবে। কেননা দুজনের কাজ করার ক্ষমতা ভিন্ন। আবার একটি ক্রেন হয়ত উহা ২ মিনিটে করবে। কা'জ করার এই ক্ষমতাকে পাওয়ার (power) বলে।

অর্থাৎ কার্য্য ক্ষমতা (power)= $\frac{\text{কাজ}}{\text{সময়}}\left(\frac{\text{work}}{\text{Time}}\right) = \frac{W}{T}$, কার্য্য ক্ষমতার জন্য সাধারন ভাবে ব্যবহৃত দুইটি একক আছে। যান্ত্রিক শক্তি প্রকাশের জন্য অশ্ব শক্তি (Horse power), সংক্ষেপে HP। পরীক্ষা করে দেখা গেছে যে গড়ে একটি ঘোড়া বা অশ্ব প্রতি সেকেন্ড ৫৫০ ft-lbs কাজ অথবা প্রতি মিনিটে ৫৫০x৬০=৩৩০০০ ft-lbs কাজ করতে পারে।

সুতরাং অশ্ব শক্তি $= \frac{\text{ফুট পাউন্ড প্রতি মিনিটে}}{\text{৩৩০০০}}$

বৈদ্যুতিক কার্য্য ক্ষমতাকে ওয়াট (watt) হিসাবে ধরা হয়। আবার ওয়াট = বৈদ্যুতিক চাপ শক্তি xএম্পারে বিদ্যুৎ প্রবাহ, অর্থাৎ watt =Electrical potential in Voltage x current flow in ampere =E x I

কোন বৈদ্যুতিক যন্ত্র বা মটর যদি ৭৪৬ওয়াট পরিমাণ কার্য্যক্ষমতা রাখে তাহলে আমরা বলব যে উহার শক্তির পরিমাণ ১ অশ্বশক্তি

$$\text{অর্থাৎ-}HP = \frac{watt}{746} = \frac{EXI}{746}$$

নিচে এক অশ্বশক্তির সমপরিমাণ অন্যান্য শক্তির পরিমান দেয়া হল ঃ-

এক অশ্বশক্তি =৩৩০০০ ফুট পাঃ /মিঃ	One HP= 33000ft -1b/min
= ৫৫০ ফুট –পাঃ/সে ঃ	= 550 ft -1b/sec
= ৭৪৬ ওয়াট	= 746watts
= ০·৭৪৬ কিঃ ওয়াট	= 0.746 kilowatts
= ·৭৪৬x১০৯আর্গাস /সেঃ	= 7.46 x 109 ergs/sec
= ৪২·৪৩২ বিটিউ /মিঃ	= 42.432Btu/min
= ২৫৪৫·৯ বিটিউ /ঘন্টা	= 2545.9Btu/hr
= ২·৬৮৪৫x১০৬জৌলস	= 2.6845 x 106 Joules

ফিট (Fit), সহ্যসীমা (Tolerance), অনুমিত ফাঁক (Allowance) অনুদিত ফাঁক (Clearance):-

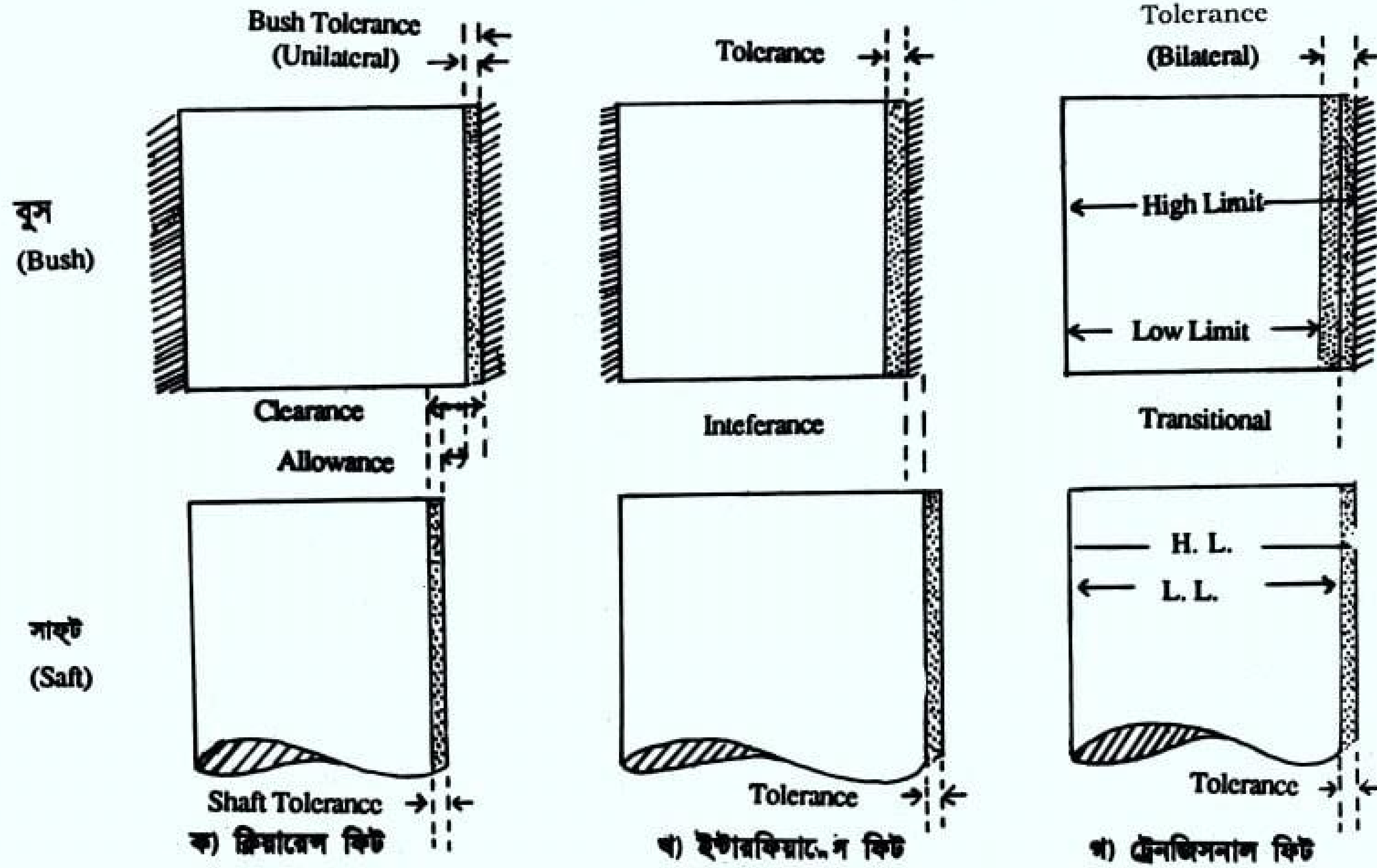
যন্ত্রপাতি মেরামত ও অভারহলিং করতে গিয়ে যন্ত্রাংশ তৈরী করা অনেক সময় প্রয়োজন হয়ে পরে। যন্ত্রাংশটির মাপ যতটা সঠিক হওয়া উচিত, তৈরী করার সময় বা মেসেনিং করার সময় সেই মাপের চেয়ে সামান্য তারতম্য হয়ে যায়। এই তারতম্যের মাত্রা অপরিমিত হলে তা ব্যবহারের অনুপযুক্ত বলে সাব্যস্থ হয়। নূতন যন্ত্র বা যন্ত্রাংশ তৈরীর সময়ও এককেটা এককে মেসিনে পরীমাপ অনুযায়ী তৈরী হচ্ছে। সেই মাপ এমনভাবে দেয়া থাকে যেন সামান্য হের ফের হলেও এসেম্বলী (assembly) করার সময় অসুবিধা না হয়। যন্ত্রের মান অনুসারে এই তারতম্যের সীমা নির্দিষ্ট করা থাকে। ফলে একটি যন্ত্রাংশ একই

ধরনের যে কোন মেসিনে পরিবর্তন বা সংযোজন করতে অসুবিধা হয় না। যন্ত্রাংশ পরিবর্তনের এই সুবিধাকে বিনিময় যোগ্যতা বা ইন্টাচেঞ্জেবেলিটি (Interchangability) বলে।

যন্ত্রাংশ তৈরীর সময় অথবা সংযোজনের সময় সবগুলি একই রকম যত্ন সহকারে এবং সুক্ষ্মতার মান অনুসারে হওয়ার প্রয়োজন হয় না। এর সুক্ষ্মতা যত বেশী বজায় রাখা হবে তার উৎপাদন খরচ তত বেশী হবে। যেখানে সুক্ষ্মতার প্রয়োজন নেই সেখানে সুক্ষ্মভাবে যন্ত্রাংশ তৈরী করে খরচ বাড়িয়ে লাভ নেই। আবার যেখানে প্রয়োজন সেখানে তাহা রক্ষা না করলে তা কাজের উপযুক্ত থাকে না। সুতরাং কোন যন্ত্রাংশের ফিট কেমন হওয়া উচিৎ এবং যন্ত্রাংশ পরিমাপের সহ্যসীমা কতটা থাকা দরকার ইত্যাদি বিষয়ে কিছু নিয়ম কানুন প্রবর্তন করা হয়েছে। যে কোন কারিগরের এই বিষয়ে সাধারন জ্ঞান থাকা প্রয়োজন। দুই বা ততোধিক যন্ত্রাংশ সংযুক্ত করার সময় তাদের পরস্পরের মিলনের প্রকৃতিকে ফিটবলে।

উদাহরন স্বরূপ বলা যায় যেমন একটি ৪" ব্যাসের সাফ্ট ও একটি বুসের মধ্যে এমনভাবে ফাঁক রেখে সংযুক্ত হবে যেন তাহা অনায়াসে ঘুরতে পারে। অর্থাৎ ক্লিয়ারেন্স ফিট হবে। আবার এমন প্রয়োজনও হতে পারে যে বুশটি সাফ্‌টে সাথে ঘুরবে এবং এমনভাবে আবদ্ধ থাকতে হবে যেন ঘুর্ণনের সময় সাধারন শক্তি প্রয়োগে তাহা না নড়ে। অর্থাৎ কষা ফিট বা ইন্টারফিয়ারেন্স ফিট হবে। এই দুইয়ের মধ্যবর্তী ফিট হল ট্রেনজিসনাল (Transitional) ফিট। অর্থাৎ একটি আরেকটির গায়ে আলতো ভাবে লেগে থাকবে এবং এই ফিটে বুসকে ঠেলে সাফ্‌টের গায়ে পরিয়ে দেয়া যাবে। বিভিন্ন ফিটের মাপ পরিমাপ কেমন হয়ে থাকে তা পরের পৃষ্টায় **১২** নং চিত্রে দ্বারা ব্যাখ্যা করা হল

চিত্র নং-১২, চিত্রের সাহায্যে তিন রকম ফিটের উদাহরণ



উপরোক্ত তিন রকম ফিটের মধ্যেও ফাঁক বা কষা অনুসারে ভিন্নতা হয়ে থাকে। এই বিষয়ে জানার জন্য ফিট সম্পর্কিত কিছু সংজ্ঞা জানা থাকা দরকার। যথা–

পরিচয় আকার বা নমিন্যাল সাইজ (Nominal size)ঃ– ন্ত্রাংশের সাধারন পরিচয় মাপ যা দ্বারা এর আকার নামে মাত্র বুঝা যাবে তাকে নমিন্যাল সাইজ বলে। নকসাতে এই ধরনের মাপ উল্লেখ থাকে যা একটি পূর্ণ সংখ্যা বা সহজ সংখ্যা অথবা আদর্শমান সংখ্যা হতে পারে। অর্থাৎ মাপে সুক্ষ্মতা এখানে প্রদর্শন করা হয় না।

মূল মাপ বা বেসিক সাইজ (Basic size)ঃ– কোন যন্ত্রাংশ তৈয়ী করার জন্য বা ডিজাইন করার সময় তার সহ্যসীমা, সহিষ্ণুতা ইত্যাদির সীমা বিবেচনা সমেত যে মাপ দেয়া হয় তাহা মূল মাপ।

আসল মাপ বা এ্যাকচুয়াল সাইজ (Actual size) ঃ– যন্ত্রাংশ তৈয়ী হওয়ার পর বা করার পর তা মেপে দেখা হয় যে বিবেচিত সীমার মধ্যে আছে কিনা এবং ব্যবহারের পূর্বে সেই অবস্থায় উহার মাপ নিয়ে যা পাওয়া যায় তাহাই আসল মাপ।

মাপের সীমা বা লিমিট অব সাইজ (Limits of sizes)ঃ– কোন নির্দিষ্ট মাপের জন্য সর্বোচ্চ ও সর্বনিম্ন অনুমিত পরিমাপকে মাপের সীমা বলে। সর্বোচ্চ সীমাকে উচ্চসীমা (High limit)এবং সর্বনিম্ন সীমাকে নিম্নসীমা (Low limit) বলে।

সহ্যসীমা বা টলারেন্স (Tolerance)ঃ– যন্ত্রাংশের উচ্চসীমা ও নিম্নসীমার মোট পার্থক্যকে উহার সহ্যসীমা বলে। মূল মাপের সহিত সহ্যসীমা যদি শুধু যোগ বা শুধু বিয়োগ হয় তাহলে তাকে একপক্ষীয় (Unilateral) সহ্যসীমা বলে। যদি যোগ ও বিয়োগ উভয় থাকে তাহাকে উভয় পক্ষীয় সহ্যসীমা (bilateral) বলে। মূল মাপের সংখ্যার সহিত উপরে এবং নীচে ছোট করে এই সহ্যসীমা লিখিত হয়ে থাকে। যেমন

$$৪^{+০\cdot০০৬}_{-০\cdot০০৩}$$

অনুমিত বা এ্যালাইন্স (Allowance) ঃ– দুইটি যন্ত্রাংশ মিলনের সময় তাদের অনুমিত সর্বনিম্ন ফাক বা সর্বোচ্চ হস্তক্ষেপকে এ্যালাউন্স বলে।

ফাঁক বা ক্লিয়ারেন্স ফিট (Clearance fit) ঃ– দুইটি যন্ত্রাংশ মিলিত হওয়ার সময় উভয়ের মধ্যে ফাঁক রেখে সংযোজিত হওয়ার জন্য যে বিবেচিত পার্থক্য রাখা হয় তাকে ফাঁক বা ক্লিয়ারেন্স বলে। এই ধরনের মিলনকে ক্লিয়ারেন্স ফিট বলে। প্রকৃত ক্লিয়ারেন্স হল মিলনের পরে প্রাপ্ত এল্যাউন্স এবং টলারেন্স সহ মোট যে ফাঁক পাওয়া যায়। কখনো উভয় দিকের ফাঁকের গড় বা মোট ফাঁকের অর্ধেককে ক্লিয়ারেন্স বলে।

হস্তক্ষেপ বা ইন্টারফিয়ারেন্স (Interference) ঃ– দুইটি যন্ত্রাংশ কষাভাবে মিলিত হওয়ার জন্য তাদের মাপের যে পার্থক্য থাকে তাকে হস্তক্ষেপ বলে। এই ধরনের ফিটকে ইন্টারফিয়ারেন্স ফিট বলে। এই ফিটে যন্ত্রাংশ সংযোজনের জন্য বিশেষ চাপ বা আঘাতের প্রয়োজন হয়ে থাকে। কখনো কখনো তাপ প্রয়োগেরও দরকার পড়ে।

মধ্যবর্তী বা ট্রানজিসনাল ফিট (Transitional fit)ঃ– ক্লিয়ারেন্স ও ইন্টারফিয়ারেন্স ফিটের মাঝামাঝি অবস্থায় যে ফিট হয়ে থাকে তাকে ট্রানজিসনালফিট বলে। এই ফিটে যে সহ্যসীমা রাখা হয় তার প্রকৃত মাপ অনুসারে দুইটি যন্ত্রাংশ মিলের সময় কিছুটা কষাও হতে পারে বা সামান্য ফাঁকও থেকে যেতে পারে।

উপরোক্ত সংজ্ঞাগুলি বুঝার জন্য ১২ নং চিত্রের সাথে মিলিয়ে দেখা যেতে পারে। মনে করি 'ক' চিত্রে বুসের ব্যাস নমিনাল সাইজ ৪"। এর উচ্চ সীমা ৪+০·০০১৫ =৪·০০২"এবং সর্বনিম্ন সীমা ৪–০·০০০=৪·০০০"। সুতরাং এর সহ্যসীমা হল ০·০০২"। এমনি ভাবে সাফ্টের পরিচিত সাইজ হল ৪"। মনে করি এ্যালাউন্স রাখতে হবে ০·০০১"। সুতরাং সাফটের সর্বোচ্চ সহ্যসীমা হবে ৪–০·০০১"=৩·৯৯৯"। সাফটের নিম্নসীমা রাখা যেতে পারে ৪–০·০০২=৩·৯৯৮"। সুতরাং মোট ক্লিয়ারেন্স ৪·০০২–৩·৯৯৮=০·০০৪"পর্যন্ত হতে পারে। অর্থাৎ বুস এবং সাফ্টের উভয় দিকে সাধারন ফাক বা ক্লিয়ারেন্স হতে পারে $\frac{০·০০৪}{2}$ =০·০০২"। যদি বুস এবং সাফ্ট তৈরী ও সংযোগের পরে দেখা যায় যে মোট

ফাঁক ০·০০৪ ইঞ্চির বেশী, তাহলে উভয় যন্ত্রাংশ বা তার যে কোন একটি ব্যবহার অনুপযোগী বলে গণ্য হবে। এমনিভাবে ইন্টারফিয়ারেন্স ফিট ও ট্রানজিসনাল ফিট সম্পর্কে 'খ' এবং 'গ' চিত্রানুসারে বিবেচনা করা যেতে পারে।

ফিটের প্রকৃতি অনুসারে ইহাকে প্রধান তিনভাগে ভাগ করলেও প্রতি ধরনের ফিটকে তার নিজস্ব তারতম্য অনুসারে আবার কয়েকটি ভাগে বিভক্ত করা হয়েছে। যেমন ক্লিয়ারেন্স ফিটে স্লাইডিং ,লুজ রানিং ,লার্জ ক্লিয়ারেন্স ইত্যাদি।

ছক নং—৫, সাধারণ টলারেন্স ও এলাউন্স

পরিচয় মাপ,ইঞ্চিতে (Nominal size)	$\frac{১}{৮}$	$\frac{১}{৪}$	$\frac{১}{২}$	১	২	৩	৪
সম্ভাব্য সহ্যসীমা ও ফাঁক ইঞ্চিতে (preferable Tolerance & allowance)	০·০০০৬	·০০১০	·০০১৫	·০০৩	·০০৮	০·০২	০·০৩

বর্তমানে বৃটিশ স্ট্যান্ডার্ড অনুসারে ফিটকে ১৬ টি ভাগে বিভক্ত করা হয়েছে এবং সম্ভাব্য মান অনুসারে ছিদ্র বা ফিমেল অংশকে A,B,C,-----------------Z এবং সাফ্‌ট বা মেইল অংশকে a,b,c,-----------------z দ্বারা চিহ্নিত করা হয়েছে। আবার আমেরিকান মান অনুসারে ফিটকে দশটি প্রধান পর্যায়ে বিভক্ত করা হয়েছে এবং সংক্ষিপ্ত অক্ষর যেমন RC, LN, FN ইত্যাদি দ্বারা চিহ্নিত করা হয়েছে এবং মাপের সঠিকতা বিচারে বিভিন্ন ক্লাশে অর্থাৎ class A,B,C,D ইত্যাদি ভাগ করা হয়েছে।

যেই কোন পদ্ধতিতে যত ভাগেই বিভক্ত করা হউক না কেন ব্যাস বা সাইজ অনুসারে সহ্যসীমার একটা সাধারন মাত্রা আছে এবং প্রত্যেক পদ্ধতিতেই এর মান খুব কাছাকাছি।

সাফ্‌ট এবং ছিদ্রকে তালিকা ভুক্ত করে দেখানোর জন্য দুইটি নিয়মের আশ্রয় নেয়া হয়। অর্থাৎ সাফ্‌টের সহ্যসীমাকে ঠিক রেখে ছিদ্রের সহ্যসীমার

ছক নং – ৬ ফিটের প্রকারভেদ ও ব্যবহার ক্ষেত্র

ফিটের প্রকার ভেদ (Classification)	কোন ধরনের ফিট (Type of fit)	সংকেত চিহ্ন (Symbol)	কি ধরনের কাজে ব্যবহৃত হয়	সহ্যসীমার মাত্রা নির্ধারনের সূত্র	এলাউন্সের মাত্রা নির্ধারনের সূত্র
ক্লিয়ারেন্স ফিট	বেশী ঢিলা (La rge clearance)	b	পুলি, ভারী, ওজনের কাজের	$0.0025\sqrt[3]{d}$	$0.0025\sqrt[3]{d^2}$
(Clearance fit)	ঢিলা রানিং (Loose running)	d	জার্নাল বিয়ারিং, বুস বিয়ারিং	$0.0013\sqrt[3]{d}$	$0.0014\sqrt[3]{d^2}$
	সাধারন রানিং (Nomal ") ক্লোজ রানিং (Close ") গড়ান রানিং (Sliding ")	f g h	ও স্লাইডিং মিশন বা লুকেটিং পিন, সাফ্‌টের চাবি ইত্যাদি।	$0.0008\sqrt[3]{d}$ d = সাফ্‌টের বা বুশ ছিদ্রের ব্যাস	$0.0009\sqrt[3]{d}$
ট্রানজিসনাল ফিট	সাধারন চাপ (Heavy keying)	n	গ্রাইন্ডিং মেশিনের স্পিন্ডেল,		
(Transitional fit)	মধ্যম চাপ (Medium ") জোর চাপ (Puse fit)	m js	কনভেয়ার সাফ্‌ট, ক্রেন হুইল সাফ্‌ট এবং হাউজিং পাম্প বা ফেন সাফ্‌ট ইত্যাদি।	$0.0006\sqrt[3]{d}$	$0.0008\sqrt[3]{d}$
হস্তক্ষেপ ফিট (Interference fit)	হালকা শক্তি (Light pressed) প্রয়োগ	r	ভারী ওজনের সাফ্‌টের চাবি, সিলিন্ডার বুশ, গিয়ার সংযোজন,	$0.0006\sqrt[3]{d}$	$0.0006\sqrt[3]{d}$
	সাধারণ শক্তি (Forced fit) প্রয়োগ	s	সাফ্‌টে বল বা রোলার বিয়ারিং ইত্যাদি	$0.0004\sqrt[3]{d}$	$0.0006\sqrt[3]{d}$
	কষা বা শ্রিঙ্ক (Shrink fit)	u			

বিভিন্ন পর্যায়ে ফিট অনুসারে বিভক্ত করা, যাকে সাফ্‌ট পদ্ধতি (shaft system) বলে। অনুরুপভাবে ছিদ্রের সহ্যসীমার মান সঠিক রেখে সাফ্‌টের মানের ভিন্নতা প্রকাশ করলে তাকে হোল পদ্ধতি (Hole system) বলে।

বৃটিশ স্ট্যান্ডার্ড অনুসারে বিভিন্ন যন্ত্রাংশের মাপ অনুসারে তার সাধারন টলারেন্স ও এলাউন্স সর্বোচ্চ কি রকম হতে পারে এর নমুনা ৬ নং ছকে দেওয়া হলঃ–

বিভিন্ন ধরনের ফিটের জন্য কতটুকু মাত্রার সহ্যসীমা থাকা উচিত তা গড়পড়তা কিছু সূত্র দ্বারা আবদ্ধ করা যেতে পারে। আবার কোন্ ধরনের ফিট কোন্ কাজে গ্রহনযোগ্য তাও মোটামুটি আঁচ করা সম্ভব। এই বিষয় মোটামুটি ধারনা সৃষ্টির জন্য নিম্নে বর্নিত ছক দেয়া হল। প্রকৃত পক্ষে সঠিক মাপ পরিমাপ এবং যন্ত্রাংশ তৈরী বা ডিজাইন করার সময় মেসিন সপ পুস্তক অথবা ডিজাইন পুস্তকে দেয়া টলারেন্স ও এলাউন্সের তালিকা অনুসারে নির্ধারন করা উচিত। প্রয়োজনে পাশের ছককে কাজে লাগানো যেতে পারে।

তৃতীয় অধ্যায়

গিয়ার

(GEAR)

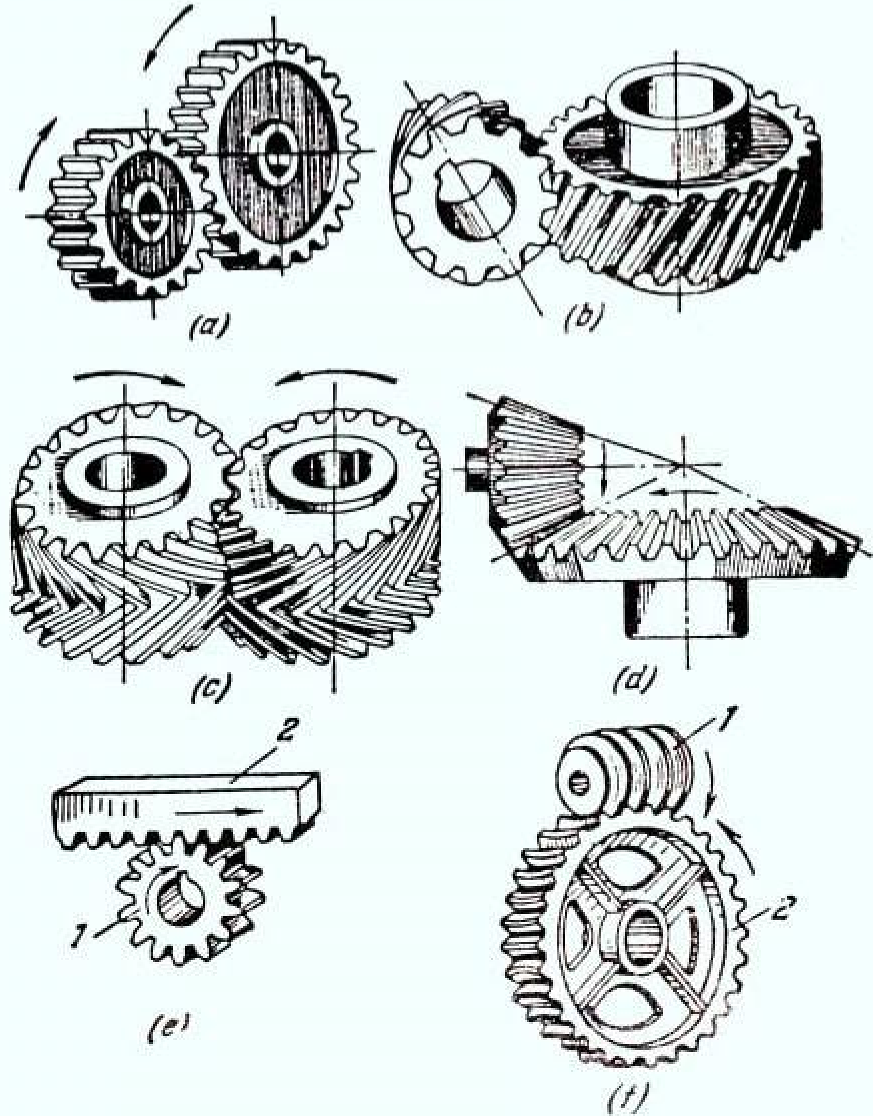
গিয়ার এক রকমের চাকা যার গায়ে দাত কাটা থাকে এবং অন্য আরেকটি গিয়ারের বা রেকের দাতে দাত মিশিয়ে শক্তি হস্তান্তর করে থাকে। গিয়ার অনেক রকমের আছে। তম্মধ্যে স্পার গিয়ার (Spur gear) সাধারণ এবং সম্ভবত গিয়ারের আদি রূপ। এর ব্যবহারও অধিক। ইহার দাঁত সোজা এবং কেন্দ্রের বরাবর। গিয়ার এক সাফ্‌ট হতে অন্য সাফ্‌টে সঠিক পরিমাণের (positive drive) গতি এবং শক্তি সুন্দরভাবে হস্তান্তর করে থাকে। সাফ্‌টের অবস্থা ও শক্তি হস্তান্তরের রকমফেরের প্রয়োজনে বিভিন্ন প্রকারের গিয়ারের ব্যবহার হয়ে থাকে। এর মধ্যে পাশের পৃষ্ঠার চিত্র গুলি উল্লেখযোগ্যঃ

স্পার গিয়ার (Spur Gear) ঃ— স্পার গিয়ারের দাঁতগুলি সোজা ও সমান্তরাল। যে কোন সাধারণ কাজে এই গিয়ারের ব্যবহার হয়ে থাকে। ইহা অন্য স্পার গিয়ার অথবা সরল গতি (linear movement) দাঁতের জন্য রেকের সাথে ব্যবহার হয়ে থাকে। ছোট আকারের জোড়া অথবা একক স্পার গিয়ারকে পিনিয়ন বলা হয়।

হেলিকাল গিয়ার (Helical Gear) ঃ— হেলিকাল গিয়ার সমান্তরাল সাফ্‌ট অথবা কৌণিক অবস্থিত সাফ্‌টে শক্তি হস্তান্তর করতে পারে। এই গিয়ারের দাঁত সমূহ হেলান কোণে (helix angle)কাটা থাকে। এই গিয়ার উচ্চ গতিতে ভাল কাজ করে থাকে। এই গিয়ার সাফ্‌ট খুব শক্তভাবে লাগান দরকার হয় কেননা এই গিয়ার সাফ্‌টের কেন্দ্র বরাবর একটি আলাদা আক্ষিক শক্তি (axial force) প্রদান করে থাকে।

হেরিং বোন গিয়ার (Herring bone gear) ঃ— হেরিং বোন গিয়ার হেলিকাল গিয়ারেরই উন্নত রূপ। তবে ইহার দাত সমূহ এমনভাবে

চিত্র নং—১৩, বিভিন্ন প্রকারের গিয়ার



GEAR TANSMISSION
(a) SPUR GEAR (b) HELICAL GEAR
(c) HERRING-BONE GEAR (d) BEVEL GEAR
(e) RACK AND PINION (f) WORM AND WORM WHEEL

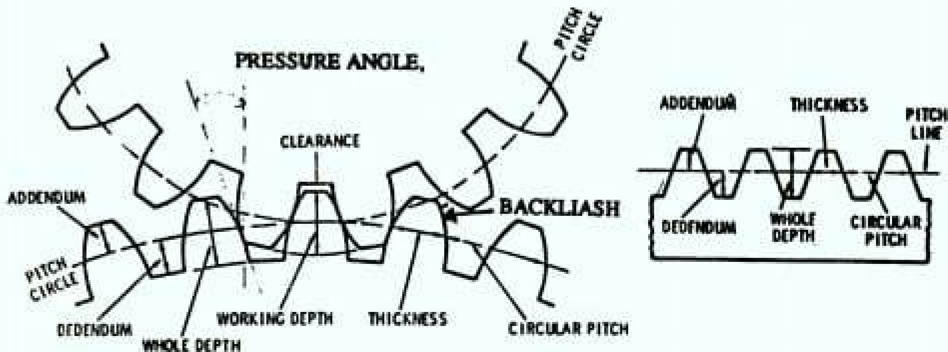
কাটা হয়ে থাকে যেন চলার সময় সাফ্টের কেন্দ্র বরাবর শক্তি সমুহ বাতিল (balanced) হয়ে যায়। ফলে এই গিয়ারের সাহায্যে উচ্চ গতি এবং উচ্চ শক্তি সুনিপুনভাবে হস্তান্তর করা যায়।

বেভেল গিয়ার (Bevel gear) :– বেভেল গিয়ারের সাহায্যে কৌণিকভাবে অবস্থিত সাফটের মধ্যে শক্তি হস্তান্তর হয়ে থাকে। স্পার গিয়ারের চাকা গোলাকৃতির, কিন্তু বেভেল গিয়ারের আকৃতি চোঙাকৃতির (cone type)। সাফ্টদ্বয়ের যে কোন কৌণিক অবস্থান অনুসারে বেভেল গিয়ার বিশেষভাবে তৈয়ার করা যায়। লম্বালম্বিভাবে অর্থাৎ ৯০° কোণে অবস্থানের জন্য যে বেভেল গিয়ার ব্যবহৃত হয় তাকে মিটার গিয়ার ও (Miter gear) বলা হয়ে থাকে।

ওয়ারম এবং ওয়ারম গিয়ার (Warm and Warm gear) :– যেখানে এক ধাপে সাফ্টের গতির অনুপাত (Speed ratio) অনেক বেশী কমাবার প্রয়োজন হয় তখন ওয়ারম এবং ওয়ারম গিয়ার ব্যবহার হয়। এই গিয়ারে ঘর্ষণ (friction)বেশী হয়, ফলে কর্ম ক্ষমত (efficiency) কম।

রেক ও পিনিয়ন (Rack & pinion) :– রেক ও পিনিয়নের সাহায্যে ঘূর্ণয়মান গতিকে সরল গতিতে পরিবর্তিত করা হয়। রেক ও পিনিয়নে দাত স্পার গিয়ারের মত সরল সোজা। প্লেনার মেসিন, বোরিং মেসিন এবং যেখানে অগ্র–পশ্চাৎ গতির দরকার হয় সেখানে রেক ও পিনিয়নের ব্যবহার হয়ে থাকে।

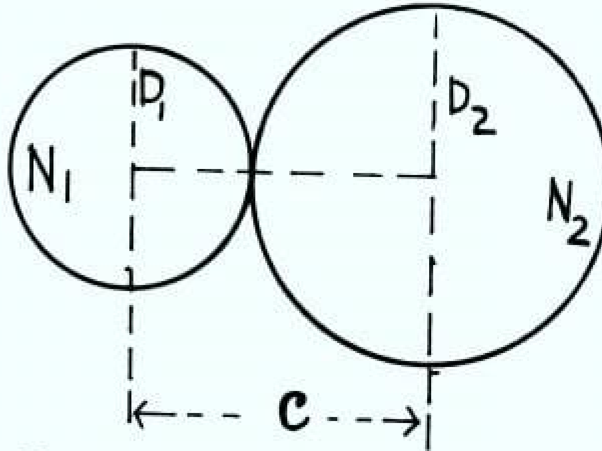
গিয়ারের বিভিন অংশকে যে ভাবে নামকরণ করা হয়েছে তা চিত্র সহকারে সংক্ষেপে বলা হল।



চিত্র নং–১৪, গিয়ারের একাংশ ও রেকের আংশিক নক্সা।

পিচ বৃত্ত (pitch circle) :– দুটি গিয়ার মিলিত অবস্থায় চলাকালীন উভয়ের দাত সমূহ প্রায় মাঝামাঝি স্থানে যে কাল্পনিক রেখায় স্পর্শ করে চলে তাকে পিচ বৃত্ত বলে।

পিচ ব্যাস (pitch diameter) :– পিচ বৃত্তের ব্যাসকে পিচ ব্যাস বলে। অর্থাৎ দুইটি গিয়ারের পিচ বৃত্ত অংকন করলে একটি বিন্দুতে



চিত্র নং–১৫, সমন্বিত দুটি গিয়ারের পিচ বৃত্ত

পরস্পরকে স্পর্শ করবে। প্রত্যেকটি বৃত্তের ব্যাস ঐ গিয়ারের পিচ ব্যাস। এই দুইটি বৃত্তের কেন্দ্র সমূহের দূরত্ব হল গিয়ার দুইটি অবস্থানের প্রকৃত দূরত্ব। সুত্রের সাহায্যে বলা যেতে পারে $C = \frac{D_1 + D_2}{2}$

দুইটি গিয়ারের সম্পূর্ণ গতির অনুপাত হবে

$$\frac{D_1}{D_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{\text{বড় চাকার দাঁতে সংখ্যা}}{\text{ছোট চাকার দাতের সংখ্যা}}$$

কেন্দ্রদ্বয়ের দূরুত্ব, $C = \frac{D_1 + D_2}{2}$

D_1 = বড় চাকার পিচ ব্যাস, D_2 = ছোট চাকার পিচ ব্যাস

বৃত্তীয় পিচ (Circular pitch) :– পিচ বৃত্ত বরাবর একটি দাতের যে কোন বিন্দু হতে সংলগ্ন অপর দাঁতের অনুরূপ বিন্দু পর্যন্ত যে দূরত্ব তাকে বৃত্তীয় পিচ বলে।

ব্যাসীয় পিচ (Diameter pitch) ঃ— ইহা গিয়ারে দাঁতের সংখ্যা ও তাহার পিচ ব্যাসের ইঞ্চি অনুপাত। অর্থাৎ প্রতি ইঞ্চি পিচ ব্যাসের অনুপাতে তাহার পিচ বৃত্তে কয়টি দাঁত আছে তাহা বুঝায়। ব্যাসীয় পিচ সাধারণতঃ একটি পূর্ণ সংখ্যা হয়ে থাকে। বৃত্তীয় পিচ ও ব্যাসীয় পিচ এবং দাঁত সংখ্যা নিম্নের সূত্র অনুসারে ব্যাখ্যা করা যায়ঃ

$$P = \frac{N}{D}, D = \frac{N}{P}, N = D \times P, P' = \frac{\pi}{P}$$

যেখানে P = ব্যাসীয় পিচ
D = পিচ ব্যাস
N = গিয়ারে দাঁতের সংখ্যা
P′ = বৃত্তীয় পিচ
π = 3.1416

মডিউল পিচ (Module pitch) ঃ— মডিউল পিচ দুই প্রকারের। ব্রিটিশ মডিউল পিচ হলো পিচ ব্যাসের ইঞ্চি মাপ ও তার দাঁত সংখ্যার অনুপাত। ইহা ডায়ামিটারের পিচের ব্যস্ত অনুপাত বা বিপরীত অনুপাত। মেট্রিক মডিউল পিচ একই রকম। তবে ইহা হল মিলিমিটার মাপের ব্যাসের সহিত গিয়ারের সংখ্যারঅনুপাত।

এডেনডাম (Addendum) ঃ— পিচ ব্যাসের উপরে দাঁতের যে অংশটুকু থাকে তাহাকে এডেনডাম বলে।

ডেডেনডাম (Dedendum) ঃ— পিচ ব্যাস হতে নীচের দিকে দাঁতের যে গভীরতা থাকে তাকে ডেডেনডাম বলে।

ক্লিয়ারেন্স (Clearance) ঃ— দুটি গিয়ারের দাঁত যখন মিলিত অবস্থায় থাকে তখন এডেনডামের উপর যে ফাঁকা অংশ থাকে তাকে গিয়ার ক্লিয়ারেন্স বলে।

পূর্ণ গভীরতা (Whole depth) ঃ— একটি দাঁতের সম্পূর্ণ উচ্চতা বা গভীরতাকে পূর্ণ গভীরতা বলে।

কার্য্য গভীরতা (Working depth) :– দুটি গিয়ার মিলিত অবস্থায় থাকা কালীন একটি দাতের যে অংশটুকু অন্যটির গভীরতায় নিমজ্জিত থাকে তাকে কার্য্য গভীরতা বলে। প্রকৃতপক্ষে ইহা উভয় দাঁতের এডেনডামের যোগফল।

দাঁতের পুরুত্ব (Tooth thickness) :– পিচ ব্যাস বরাবর একটি দাঁতের এক পিঠ হতে অন্য পিঠের দূরত্বকে দাঁতের পুরুত্ব বলে।

দাঁতের মুখ প্রস্থ (Face width) :– পিচ ব্যাসের লম্বালম্বি দাঁতের যে পুরুত্ব বা প্রস্থ,তাকে মণ্ডল প্রস্থ বলে।

ব্যাক ল্যাস (Back lash) :– দুটি গিয়ার চলাকালীন অবস্থায় দুটি দাঁতের মধ্যবর্তী ফাঁক যা তাকে চলার পথে পিছন হতে বাধা দিতে বিরত রাখে উহাই ব্যাকল্যাস। অন্যভাবে বলা যায় যে দাঁত অগ্রসর হওয়ার সময় পিচ ব্যাস বরাবর তাহার পিছনে যে ফাঁকটুকু বজায় রাখে তাহাই ব্যাকল্যাস। গিয়ারে এই ব্যাকলেস রাখার প্রয়োজন আছে। নতুবা গিয়ার চলাকালীন বাধাপ্রাপ্ত হতে পারে, অধিক ঘর্ষণের ফলে তাপ এবং আওয়াজ সৃষ্টি হতে পারে এবং অতিরিক্ত ক্ষয় হয়ে শীঘ্র দাঁত নষ্ট হয়ে যেতে পারে।

দাঁতের সামঞ্জস্য (Tooth proportions) :– সাধারণভাবে ব্যবহৃত গিয়ারে পূর্ণ দাঁতের ইনভলিউট পদ্ধতি অনুসরণ করা হয় এবং সেই অনুসারে দাঁতের পরিমাপ নিম্নসুত্রগুলি অনুযায়ী হয়ে থাকে।

এডেনডাম a, $a = \frac{1}{p}$, p = ব্যাসীয় পিচ

পূর্ণ গভীরতা W_D, $W_D = \frac{2.2}{P} + 0.002$

ডেডেনডাম W_D, $W_D = \frac{2.157}{P}$

দাতের পুরুত্ব t, $t = \frac{1.5708}{P}$

ক্লিয়ারেন্স C, $C = 0.1t$

কার্য্য গভীরতা W, $W = \frac{2}{P}$

দাতের উচ্চতা H, $H = W + C$

মডিউল $m, m = \frac{1}{p \times 0.03937} = \frac{\text{pitch circular dia}}{t} = \frac{D}{t}$

পিচ $Pi, Pi = \pi \times m$

বাইরের ব্যাস $D^0 = m(t+2)$

প্রেসার এঙ্গেঁল (pressure angle) সাধারণতঃ ২০° বা ১৪$\frac{১}{২}$ হয়।

গিয়ার মেরামত (Gear repair)

সাধারণত গিয়ারে যে ত্রুটি সমুহ দেখা দেয় তা হল ঃ-

(ক) গিয়ারের একটি, কয়েকটি বা সবকটি দাঁত ক্ষয় হওয়া।

(খ) গিয়ারের একটি বা কয়েকটি দাঁত ভেংগে যাওয়া বা বাকা হয়ে যাওয়া।

(গ) গিয়ারের দাঁত ও ছিদ্র পথে বা চাবির পথে আল থাকা বা আলের সৃষ্টি হওয়া।

(ঘ) গিয়ারের রিম, চাকতি বা ছিদ্র পথে ফাটল থাকা বা বিকৃত (deformed) হয়ে নষ্ট হয়ে যাওয়া।

(ক) একদিকের কয়েকটি বা সব দাঁত ক্ষয় হয়েছে দেখা গেলে গিয়ারটি ১৮০° ঘুড়িয়ে উল্টা দিকে স্থাপন করে দেখা যায়। উল্টাতে গেলে যদি রিম বা ছিদ্র পথের কোন জটিলতা থাকে তাহলে তাকে কেটে বা মেসিনিং করে বা সামনের দিকের সেকসন পিছন দিকে নিয়ে ওয়েল্ডিং করে লাগিয়ে ব্যবহার করা সম্ভব।

যদি এক জোড়া চলিত গিয়ারের উভয় দিক ক্ষয় হয় তবে ধরে নেওয়া যায় যে ছোট গিয়ারটিরই বেশী ক্ষয় হবে। সে জন্য বড় গিয়ারটি বাহিরের ব্যাস মেসিনিং করে কিছুটা কমিয়ে নিতে হবে। ছোট গিয়ারটি নূতন করে বানাতে হবে। এক্ষেত্রে বড়টির সাথে যথাযথ সংযোগ করাবার জন্য ছোট গিয়ারটির গভীরতা কম হবে এবং পুরুত্ব সামান্য বাড়বে। ধরা যাক যদি ক্ষয়ের পরিমান W মিঃমিঃ হয় তবে বড় গিয়ারটির ব্যাসকে 4W মিঃমিঃ কমাতে হবে এবং নূতন ছোট গিয়ারটির দাঁতের পুরুত্ব পূর্বের চেয়ে W হতে 2W মিঃমিঃ পরিমাণ বাড়াতে হবে।

যদি ক্ষয়ের পরিমাণ বেশী হয় তবে গিয়ারসমূহ পরিবর্তন করাই উচিৎ। যদি কোন খোলা গিয়ার যার বাহিরের ব্যাসের গতি প্রায় প্রতি সেকেন্ডে ২মিটার, সে ক্ষেত্রে দাঁতের ক্ষয় যদি মূল পুরুত্বের ৩৩% হয় তবে তাহা পরিবর্তন করা প্রয়োজন। যদি গিয়ার আবদ্ধ স্থানে বা গিয়ার বক্সে থাকে তবে ২০–২৫% ক্ষয় হলে পরিবর্তন করা উচিৎ। ধরে নেয়া যায় যে, যে কোন গিয়ারের ক্ষয় যদি তাহার পূর্বের পুরুত্বের ৩০% এর মত হয় তখন নূতন গিয়ার বা গিয়ার সমূহের মাধ্যমে পরিবর্তন করাই শ্রেয়।

খ) যদি গিয়ারের একটি বা দুটি দাত ভেঙ্গে যায় তাহলে সেই স্থানে নূতন দাঁত তৈরী করা সম্ভব। যদি দাঁত বাকা হয়ে যায় বা বিকৃত হয়ে যায় তাহলে সেই দাঁতকে ফেলে দিয়ে নূতন দাঁত তৈরী করা ভাল।

যদি গিয়ারের আকার মডিউল চারের বেশী হয় এবং ঐ গিয়ারে ইম্প্যাক্ট্ লোড (impact load) পড়ার সম্ভাবনা না থাকে তবে নিম্নলিখিত উপায়ে দাঁত তৈরী করা যায়ঃ

১। ঐ দাঁতের মূল ব্যাস পর্যন্ত দাঁতকে গ্রাইন্ড করে তুলে ফেলতে হবে। অতঃপর U' র মত করে দুই বা তিনটি ঢেউ তুলে আরেকটু গ্রইন্ড করে মূলের গভীরতা সৃষ্টি করতে হবে।

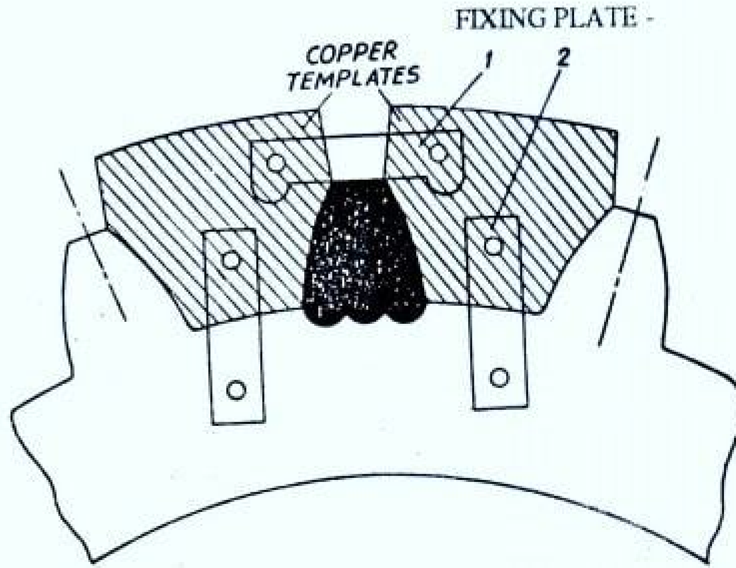
২। দুইটি তামার (copper) পাত দিয়ে ঐ দাঁত এবং নিকটবতী দুই দাঁতের মাঝখানে অবিকল সেই গিয়ারের দাঁতের আকৃতি দিয়ে টেমপ্লেট বানাতে হবে।

৩। দুইটি টেমপ্লেট ঠিকভাবে গিয়ারের উভয় দিকে বসিয়ে রিবেট করে বা ক্ল্যাম্পের মাধ্যমে ধরে রাখতে হবে।

৪। এখন ওয়েলডিং এর দ্বারা স্তরে স্তরে সেই দাঁতের রূপ দিতে হবে। উচ্চ তাপ পরিবহনতার জন্য তামার সাথে গিয়ার ধাতুর ওয়েলডিং হবে না অথচ তামার পাত্রের গা ঘেষে ওয়েল্ডিং করে দাঁতের আকৃতি দেয়া সম্ভব।

৫। ওয়েল্ডিং 'এর পর উহাকে অতি ধীরে ধীরে ঠান্ডা করতে হবে। অর্থাৎ শুষ্ক চুনা বা বালি দিয়ে ঢেকে ৪–৫ ঘন্টা সময় নিয়ে ঠান্ডা করতে হবে।

৬। এইভাবে দাত তৈরী করলে মেসিনিং করার দরকার হয় না। প্রয়োজন মাফিক সামান্য ঘষে ঠিক করে নেয়া যায়। এইভাবে সৃষ্ট দাঁতের নমুনা নীচের চিত্রে দেখান হল।



চিত্র নং—১৬, টেমপ্লেটের সাহায্যে গিয়ারের দাত তৈরীর নমুনা।

টেমপ্লেট ছাড়াও গিয়ার তৈরী করা সম্ভব এবং তাহা যে কোন পরিমাপেরই হোক না কেন। এক্ষেত্রে ভাংগা দাঁতের স্থান সম্পূর্ণ বা আগের দাঁতের চেয়ে বড় আকারের করে ওয়েল্ডিং এর মাধ্যমে পূরণ করে দিতে হবে। অতঃপর মেসিনিং,মিলিং বা হবিং এর মাধ্যমে নূতন করে ঐ দাঁতটি কেটে নিতে হবে। তবে বিশেষ প্রয়োজনের ক্ষেত্রে মেসিনিং না করে হাতে ফাইল করে ঘষে ঘষে দাঁতের রূপ দেয়া যায়। সে ক্ষেত্রে ধাতুর উপর আগেই সম আকৃতির দাঁতের দাগ কেটে নিতে হবে বা ঐ আকারের একটি টেমপ্লেট বানিয়ে নিতে হবে। দাঁত তৈরীর সময় মাঝে মাঝে পরীক্ষা করে দেখতে হবে উহা টেমপ্লেট বরাবর হচ্ছে কিনা। একে অন্য গিয়ারের সাথে গিয়ার মেশ করিয়ে ব্লু দিয়ে চেক করা ভাল যেন উহা সঠিকভাবে মেশ (mesh) হয়। ত্রুটি থাকলে সামান্য ঘষে ঠিক করা সম্ভব।

গ) গিয়ারের দাঁতে, ছিদ্র পথে বা চাবির পথে আল থাকলে বা সৃষ্টি হলে তাহা

স্ক্রেপার দিয়ে অথবা ফাইল দিয়ে পরিষ্কার করে দিতে হবে। অনেক সময় আঘাতজনিত কারণে দাঁতের মাথা টেপ খেয়ে যায় বা কোণা ভেঙ্গে যায়। ফাইল করে এসব ত্রুটি দাঁতের সাথে মিলিয়ে মিশিয়ে দিতে হয়।

ঘ) যদি গিয়ারের রিম, চাকতি এবং ছিদ্র পথে ফাটল দেখা দেয় বা অন্য ভাবে নষ্ট হয় তবে ঐ অংশটুকু মেসিনিং করে ফেলে দিয়ে অনুরূপ অংশ তৈরী করতে হবে। অতপর উহাকে গিয়ার চাকতির সাথে ওয়েল্ডিং করে বা চাবির মাধ্যমে অথবা সেট–স্ক্রু (set screw) দিয়ে ঠিকভাবে লাগাতে হবে। যদি ফাটল সামান্য হয় তবে উহাকে ফাইল করে তুলে দিয়ে সেখানে ওয়েলডিং করে মেরামত করা সম্ভব। তবে ফাটল বড় আকারের হলে বা আকৃতির বেশী পরিবর্তন দেখা গেলে গিয়ার পরিবর্তন করে ফেলাই উত্তম।

গিয়ার সংযোজন (Assembly of Gear)

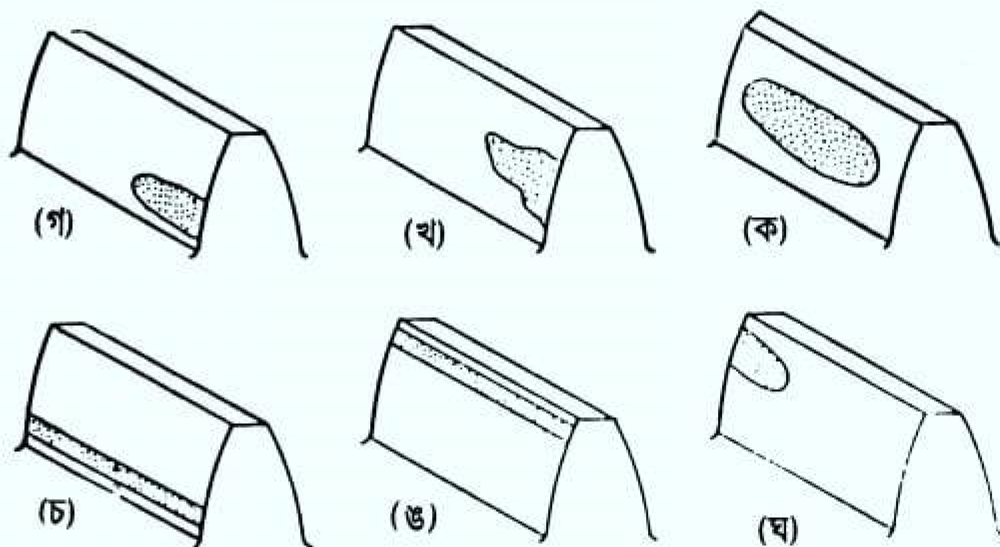
স্পার ও হেলিকাল গিয়ারসমূহ এমনভাবে বসাতে হবে যেন তাদের অক্ষ দন্ড সমান্তরাল হয়। এবং সঠিক সংযোগ (meshing) অবস্থার জন্য যথাযথ দূরত্ব বজায় থাকে।

প্রাথমিক মাপ পরীক্ষা করে গিয়ারসমূহ বসিয়ে দিতে হবে। অতঃপর হাত দিয়ে ঘুরিয়ে দেখতে হবে যে সহজে ঘুরছে কিনা বা কোন রূপ শব্দ হচ্ছে কিনা। যদি ঠিক থাকে তবে ব্লু–পেষ্ট লাগিয়ে পরীক্ষা করলে পরিষ্কার বুঝা যায় সংযোগ যথাযথ হয়েছে কিনা। এই পরীক্ষার নিয়ম হল যে প্রথমে চালক গিয়ারের দাঁতসমূহে ব্লু লাগিয়ে গিয়ার দুইটিকে কয়েক পাক ঘুরাতে হবে। এতে অপর চালিত গিয়ারের দাঁত সমূহে মেসিং (meshing) এর ছাপ পড়বে। ব্লুর এই ছাপ বা দাগ দেখে বুঝা সম্ভব যে সংযোগ সঠিক হয়েছে কিনা। ১৭ নংচিত্রসমূহের মাধ্যমে এর ব্যাখ্যা করা হলঃ

(ক) সঠিক সংযোগ হওয়ার ছাপ অর্থাৎ দাঁতের মাঝামাঝি প্রায় ৭০–৮০% স্থান জুড়ে ব্লুর দাগ পড়েছে বা পড়তে হবে।

(খ) অক্ষ দন্ড সমান্তরাল নয়।

(গ) অক্ষ দন্ড সমান্তরাল নয় এবং গিয়ারদ্বয়ের মধ্যে দূরত্ব কম।



চিত্র নং–১৭, গিয়ার দাতের সংযোগ চিহ্ন

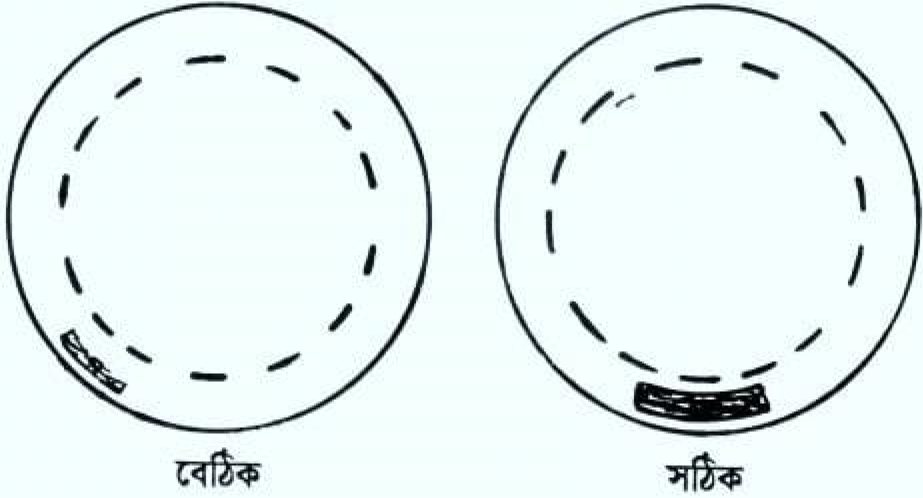
(ঘ) অক্ষ দন্ড সমান্তরাল নয় এবং গিয়ার দ্বয়ের মধ্যে দূরত্ব বেশী।

(ঙ) অক্ষ দন্ড সমান্তরাল কিন্তু গিয়ারদ্বযের মধ্যে দূরত্ব বেশী।

(চ) অক্ষ দন্ড সমান্তরাল কিন্তু গিয়ারদ্বয়ের মধ্যে দূরত্ব কম।

বেভেল গিয়ারের সংযোগও অনুরূপ পদ্ধতিতে পরীক্ষা করা সম্ভব। এক্ষেত্রে দাগ গিয়ার দাঁতের মাঝামাঝি প্রায় ৫০% স্থান জুড়ে থাকা দরকার। দাগ দাতের উপরের অংশ বা নীচের অংশের দিকে এগিয়ে গেলে সংযোগ ত্রুটিপূর্ণ মনে করতে হবে। ওয়ার্ম ও ওয়ার্ম হুইল ব্লুপেষ্ট দিয়ে পরীক্ষা করা যায়। ওয়ার্ম থ্রেড এর গায়ে ব্লু লাগিয়ে তাহা হুইলসহ কয়েক বার ঘুরাতে হবে। যদি দাঁতের ৬৫% স্থান জুড়ে দাগ হয় এবং তা সামান্য বাম দিকে অর্থাৎ যে দিক থেকে ঘুরবে তার চাপের ফলে কিছুটা বিপরীত দিকে সরে ছাপ পড়ে তাহলে উহাই স্বাভাবিক।

তবে তার মাত্রা বেশী হওয়া দোষণীয়। ওয়ার্ম হুইলের সংযোগ চিত্র নীচে দেয়া হলঃ



চিত্র নং-১৮. ওয়ার্ম হুইলের সংযোগ চিত্রের নমুণা

ওয়ার্ম হুইল চলার সময় কোন নকিং (Knocking sound) শব্দ হয় কিনা বা ঘূর্ণয়নের সময় বাধার সৃষ্টি হয় কিনা অথবা গিয়ার গরম হয়ে যায় কিনা লক্ষ্য রাখতে হবে। এমন হলে বুঝতে হবে কোন ত্রুটি আছে। ওয়ার্ম, ওয়ার্ম হুইল এবং তদসংলগ্ন বিয়ারিং এর তাপমাত্রা ৫০° সেঃ এর মধ্যে থাকা উচিৎ।

স্পার, হেলিক্যাল, ভেবেল এবং ওয়ার্ম গিয়ারের দাঁতে দাঁতে যে সাধারণ ফাঁক থাকে তা পরীক্ষা করে দেখতে হলে ০·০১মিঃ মিঃ পুরত্বের কাগজের টেপ দুই দাঁতের মধ্যে রেখে গিয়ারকে ঘুরাতে হবে। যদি কাগজটি চাপে ঐ গিয়ারের আকৃতি ধারণ করে তবে বুঝতে হবে ফাঁক স্বাভাবিক আছে।

গিয়ার এবং গিয়ার ট্রান্সমিশনে লুব্রিকেন্ট ব্যবহার করা অত্যাবশ্যক। গিয়ারে সাধারণতঃ মোটা তৈল ব্যবহার হয়ে থাকে। ওয়ার্ম গিয়ারে তৈলের সাথে ১০% চর্বি মিশিয়ে ব্যবহার করলে ভাল ফল পাওয়া যায় বা গিয়ারের গতি বেশী হলে পাতলা তৈল প্রবাহিত করে লুব্রিকেসন করা হয়ে থাকে। যে গিয়ার খোলা স্থানে চলে তাতে ভারী তেল বা গ্রীজ ব্যবহার হয়। তবে খোলা স্থানের গিয়ারের ধুলাবালি মিশার সুযোগ থাকে বলে মাঝে মাঝে গিয়ারের তৈলকে পরিষ্কার পরিচ্ছন্ন করে নূতন তেল দেয়া উচিৎ।

চতুর্থ অধ্যায়

বেল্ট ড্রাইভ
(BELT DRIVE)

বেল্ট ড্রাইভস ইনডাষ্ট্রির যন্ত্রপাতিতে শক্তি স্থানান্তরিত করার কাজে যথেষ্ট পরিমানে ব্যবহার হয়ে থাকে। শক্তি স্থানান্তরে ইহা সহজ এবং স্থিতিস্থাপক (resilient) পূর্ণ। একই অক্ষ রেখায় অবস্থিত নয় এমন এক সাফ্‌ট হতে অন্য সাফ্‌টে গতি কম–বেশী করার প্রয়োজন হলে এবং যেখানে পুনরাবৃত ধাক্কা (Shock load) বেশী ,কম্পন ও পালসেসনের (Pulsation) মাত্রা কিছু বেশী থাকে সেখানে বেল্ট ড্রাইভ উপযুক্ত। বেল্ট ড্রাইভ মূলত ঘর্ষণজনিত শক্তি (Friction) দ্বারা পরিচালিত। বেল্টের টান শক্তি (Tension) পুলি বা সিভের মধ্যে ঘর্ষণের ফলে যে টরকের (Torque) সৃষ্টি করে তা দ্বারাই এক পুলি হতে অন্য পুলিতে শক্তি স্থানান্তরিত হয়। যে সাধারণ সূত্রের উপর এর ভিত্তি তাহা হল।

$$\frac{T_1}{T_2} = e^{f\theta}$$

T_1 = টাইট দিকের বেল্ট টেনসন।

T_2 = লুজ দিকের বেল্ট টেনসন।

e = লগারিদম দ্রুব, (২·৭১৮২৮)

f = ঘর্ষণ গুনাঙ্ক (co-efficient of friction)

θ = বেল্টের স্পর্শ কোণ (Arc of contact)

সুতরাং ইহা বুঝা যাচ্ছে যে শক্তি স্থানান্তরিত নিপুনতা নির্ভর করছে বেল্টের টান,পুলি ও বেল্টের মধ্যেকার ঘর্ষণ ক্ষমতা এবং স্পর্শ কোণের পরিমাণের উপর। এ গুলি আবার বিভিন্ন জিনিসের উপর নির্ভরশীল।

বেল্টের স্পর্শ কোণ নির্ভর করে দুটি পুলির দূরত্ব ও নিজস্ব ব্যাসের উপর। যতটা সম্ভব এই কোন ১৮০° ডিগ্রীর কাছাকাছি রাখার চেষ্টা করতে হবে।

বিশেষ কারণ ছাড়া ফ্লাট বেল্টের বেলায় ১২০ ডিগ্রীর নীচে যাওয়া ঠিক নয়। V - বেল্টের ক্ষেত্রে ১০০° ডিগ্রীর কাছাকাছি থাকা প্রয়োজন। নিম্নলিখিত সূত্র দ্বারা এই কোণ নির্ণিত হয়ঃ

$$\theta = 180 \pm 2 \sin^{-1}\left(\frac{D-d}{2c}\right)$$

D = বড় পুলির ব্যাস
d = ছোট পুলির ব্যাস
c = পুলিদ্বয়ের কেন্দ্র বিন্দুর দূরত্ব

উপরের সূত্রে বড় পুলির স্পর্শ কোণ নির্ণয়ের সময় যোগ চিহ্ন এবং ছোট পুলির বেলায় বিয়োগ চিহ্ন ব্যবহৃত হবে। এই সূত্র হতে আমরা বুঝতে পারি যে কোন পুলিদ্বয়ের কতটা দূরত্বের জন্য আমরা কত স্পর্শ কোণ পেতে পারি। আবার পুলির সাইজের উপরও ইহা নির্ভরশীল।

বেল্টের ঘর্ষণ গুনাঙ্ক (Co-efficient of friction) নির্ভর করে বেল্ট ও পুলির পদার্থ, তল (Surface), তাপ, বাতাসে জলীয় বাষ্প (humidity), পরিবেশ ও স্পর্শ কোণ, বেল্টের গতি, স্লিপ বেল্টের পুরুত্ব ইত্যাদির উপর। ইহা বেল্ট প্রস্তুতকারী পরীক্ষাগারে নির্ণয় করে থাকে। ঘর্ষণ গুনাঙ্কের মান সাধারনতঃ ০·২–০·৫ পর্যন্ত হয়ে থাকে।

স্লিপঃ— মনে করা যাক যে 'ক' নামক ১২ ইঞ্চির ব্যাসের একটি পুলি দ্বারা এবং বেল্টের মাধ্যমে অন্য একটি ১২ ইঞ্চি পুলি 'খ' কে ঘুরান হচ্ছে। এখন নিয়ম অনুসারে 'ক' পুলি প্রতি মিনিটে যতবার ঘুরবে (১৫০০.p.m) 'খ' পুলি ততবার ঘুরা উচিত। কিন্তু প্রকৃতপক্ষে দেখা গেল 'খ' পুলি তার চেয়ে সামান্য কম ঘুরছে (প্রতি মিনিট ১৪৭০ বার ঘুরছে) অর্থাৎ বেল্ট এবং পুলির মধ্যে কিছু প্রতিসরন আছে। উভয় পুলির গতির এই পার্থক্যকে স্লিপ বলে এবং ইহাকে শতকরা হিসাবে প্রকাশ করা হয়। এই ক্ষেত্রে স্লিপ হবে।

$$\text{স্লিপ (slip)} = \frac{(১৫০০-১৪৭০) \times ১০০}{১৫০০} = ২\%$$

অর্থাৎ বলা যায় যে ,যে কোন পুলিতে অথবা বেল্টে হিসাব অনুযায়ী যা গতি হওয়া উচিৎ তার সাথে প্রকৃত গতির যতটা পার্থক্য তাহা এবং মুল গতির অনুপাতকে শতকরা হিসাবে প্রকাশকেই স্লিপ বলা হয়।

বেল্টের গতি :– বেল্টের গতি নির্ভর করে পুলির ব্যাস ও যন্ত্রের ঘুর্ণায়মান সংখ্যার উপর; অর্থাৎ বেল্টের গতি $V = \pi DN_1$ যদি দুটি পুলির মধ্যে একটির ব্যাস D_1 এবং অন্যটির ব্যাস D_2 হয় তাহলে ব্যাস অনুসারে তাহাদের ঘুর্নয়মান সংখ্যার অর্থাৎ r.p.m এর পার্থক্য হবে। কিন্তু বেল্টের গতি সমানই থাকবে। অতএব আমরা বলতে পারি যে $V = \pi D_1N_1 = \pi D_2 N_2$

সুতরাং $\frac{D_1}{D_2} = \frac{N_2}{N_1}$

এই সূত্র হতে আমরা r.p.m অনুসারে পুলির ব্যাস নির্নয় করতে পারি। অর্থাৎ ব্যাস বেশী হলে ঘুর্ণায়মান সংখ্যা সে হারে কম হবে।

বেল্ট ড্রাইভে নিম্নের সূত্র দ্বারা অশ্ব শক্তি নির্নয় করা যায়।

অশ্ব শক্তি (Horse power) $= \frac{(T_1\text{-}T_2)V}{33000}$ (T in ibs and V in ft/min.)

বেল্টের দৈর্ঘ্য নির্ণয় করতে হলে পুলিদ্বয়ের ব্যাস ও তাহাদের কেন্দ্র বিন্দুর দূরত্ব জানা দরকার। যদি দুটি পুলি সমান ব্যাসের হয় তাহলে নিম্নের সূত্র ব্যবহার করা হয়ঃ

$$L = \frac{(D+d)}{2}\pi + 2c$$

আর অসম পুলির জন্য হবে

$$L = 2C\frac{(D+d)}{2}\pi + \frac{(D-d)}{4C}$$

এখানে L = বেল্টের দৈর্ঘ্য
D = বড় পুলির ব্যাস
d = ছোট পুলির ব্যাস
C = পুলিদ্বয়ের কেন্দ্র বিন্দুর দূরত্ব।

এছাড়া সূতা, টেপ বা তার দ্বারা পুলিদ্বয়ের চর্তুদিকে টানা দিয়ে সম্পুর্ণ দৈর্ঘ্য মাপা যায়।এই হিসাব অনুযায়ী দৈর্ঘ্য বাহির করে তার কাছাকাছি বা নিকটতম স্ট্যান্ডার্ড মাপের বেল্ট ব্যবহার করা হয়। বেল্ট ড্রাইভস অনেক রকমের হতে পারে। তবে সচরাচর ফ্লাট বেল্ট ও ভি–বেল্টই কলে কারখানায়

বেশী ব্যবহৃত হয়ে থাকে। সুতরাং এই দুই প্রকার বেল্ট সম্পর্কেই আলোচিত হবে।

ভি–বেল্ট (V-belt)- বেল্টের মধ্যে ভি–বেল্টের ব্যবহারই সবচেয়ে বেশী। বেল্ট পুলির যে খাদে বসে তাহা ইংরেজী V এর মত এবং ভি–বেল্টের প্রস্থচ্ছেদও (cross section) একই আকারের। ফলে বেল্ট পুলির খাজের দুই ধারে শক্ত ভাবে বসে থাকে এবং লোড বাড়ালে উহা খাজে আরো বেশী শক্ত করে বসে। সাধারনতঃ ভি–বেল্ট পুলির নীচের অংশ বা তলকে স্পর্শ করে না। শুধু দুই পার্শ্বের সিভের ঘর্ষণ স্পর্শের (contact friction) মাধ্যমে চলে। যেখানে ছোট এবং বড় পুলির মধ্যে গতির অনুপাত ৩ঃ১ বা বেশী অথবা দুই পুলির কেন্দ্র বিন্দুর দূরত্ব, বড় পুলির ব্যাসের চেয়ে কম সেখানে ভি–বেল্ট ভাল কার্য্যকরী। ভি–বেল্ট ড্রাইভের কেন্দ্র দূরত্ব বড় পুলির ব্যাসের $\frac{৩}{৪}$ হতে ১$\frac{১}{২}$ এর মধ্যে থাকাপ্রয়োজন।

ভি– বেল্ট তিন গ্রুপের হয়ে থাকে।

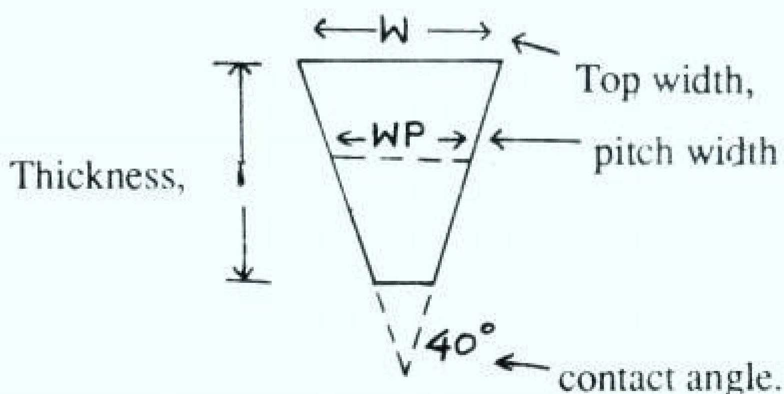
১। **আংশিক অশ্ব শক্তি বিশিষ্ট (Fractional Horse power type)-** এক অশ্ব শক্তিরও কম যন্ত্রের জন্য এই বেল্ট ব্যবহার হয়। ইহার পুলিও হালকা এবং ছোট থাকে। একক বেল্ট দিয়ে ইহা চলে। ইহা অনবরত চলার কাজে ব্যবহৃত হয় না।

২। **প্রমানন গুনাঙ্ক বিশিষ্ট (Standard Multiple type)-** এই বেল্ট অনবরত চলার জন্য এবং সব ধরনের কাজে ব্যবহৃত হয়। একের অধিক বেল্ট এক সাথে কাজ করে থাকে।

৩। **খিল–খাজ বিশিষ্ট (Wedge type)-** সাধারনতঃ তিনটি একই সাইজের বেল্ট এক সাথে পুলির তিনটি খাজে পরান থাকে। বেশী শক্তি সম্পন্ন মেশিনে পাচটির সেটও ব্যবহার হয়। ওয়েজ বেল্ট স্ট্যান্ডার্ড মালটিপল বেল্টের চেয়ে উন্নত মানের বস্তু দিয়ে তৈরী করা হয়। ফলে অধিক শক্তি সম্পন্ন মেশিনে বেল্টের সংখ্যা ও সাইজ কম ব্যবহার করলেই চলে।

ভি–বেল্ট সেট বলতে আমরা স্ট্যান্ডার্ড মালটিপল বেল্টকেই বুঝব। ইহা রাবার ও সূতা মিশ্রিত বস্তু দ্বারা তৈরী হয়ে থাকে। সেটের সবগুলি বেল্টের সাইজ সমান হয়। এই বেল্টের দৈর্ঘ্য নির্দিষ্ট টেনশনে রেখে মাপা হয়। বেল্টের

গায়ে এর সাধারন মাপ লেখা থাকে। ভি-বেল্টের একটি প্রস্থচ্ছেদ ও তার পরিমাপ কি হতে পারে তা নিম্নে দেখান হলঃ



চিত্র নং-১৯, ভি-বেল্টক্রস-সেকসন

সাধারণ কাজে ব্যবহৃত বেল্ট চার রকম সেকসন পরিমাপের হয়ে থাকে এবং তাহাদিগকে A,B,C,D গ্রুপে ভাগ করা হয়েছে। শক্তি হস্তান্তরের মান অনুসারে ক্রস সেকসন নির্বাচিত হয়। নিম্নের টেবিল হতে এই মান ও সাইজ বুঝা যাবেঃ

টেবিল ক-৭,শক্তি হস্তান্তর অনুপাতে বেল্টের ক্রস সেকসন।

বেল্ট সেকসান	মিঃ মিঃ বেল্ট সাইজ			হস্তান্তরিত	বেল্টের দৈর্ঘ্য মাপার
	W	WP	T	অশ্ব শক্তি, HP	জন্য টান, Kg
A	১৩	১১	৮	১ - ৫	২০
B	১৭	১৪	১১	২ - ১৫	৩০
C	২২	১৯	১৪	৭ - ৬০	৭৫
D	৩২	২৭	১৯	২০ - ১০০	১৪০

এই ক্রস সেকসনের বেল্ট বিভিন্ন দৈর্ঘ্যের হয়ে থাকে। বেল্টের গায়ে মিলি মিটার বা ইঞ্চিতে অথবা উভয় পরিমাপে লেখা থাকে। যেমন B40 বা B1016X17 অর্থাৎ বেলটি B গ্রুপের এবং ভিতরের দৈর্ঘ্য ৪০ ইঞ্চি বা ১০১৬ মিমি এবং প্রস্থ ১৭ মিঃমিঃ। এই স্ট্যান্ডার্ড সাইজ থেকে সামান্য ছোট বড় করে

আবার বেল্ট তৈরী হয়ে থাকে। ইহা টেনসন ও ফিট করার ক্ষেত্রে সুবিধাজনক হয়। এইরূপ ছোট বড় পার্থক্য বুঝানোর জন্য বেল্টের গায়ে একটি কোড ব্যবহার করা হয়। যদি বেল্ট সঠিক মাপের হয় তাহলে এই কোড সংখ্যা হল৫০ আর ৪৯ হয় তবে বুঝতে হবে ষ্ট্যান্ডার্ড মাপ থেকে দৈর্ঘ্য $\frac{১}{১০}$ ইঞ্চি ছোট আছে, যদি ৪৭ হয় তবে $\frac{৩}{১০}$ ইঞ্চি ছোট আছে, আবার যদি ৫১ হয় তবে বুঝতে হবে $\frac{১}{১০}$ ইঞ্চি লম্বায় বড় আছে। যদি ৫৩ হয় বুঝতে হবে $\frac{৩}{১০}$ ইঞ্চি বড় আছে।

এই সব ছাড়াও অনেক প্রস্তুতকারী তাদের নিজস্ব কোড ব্যবহার করে থাকে এবং অনেক রকম দৈর্ঘ্যের ও সাইজের পার্থক্য সৃষ্টি করে থাকে। ফলে ভিন্ন প্রস্তুতকারীর বেল্ট একই পুলিতে বা একই সেটের অন্তভূক্ত করা ঠিক নয়। অনেক খোলা ভি–বেল্ট (open V-belt) তৈরী করে। প্রয়োজন অনুযায়ী দৈর্ঘ্য কেটে নিয়ে বন্ধ ভি–বেল্ট (Endles V-belt) তৈরী করা সম্ভব। তবে আংশিক অশ্ব শক্তি বিশিষ্ট যন্ত্রের জন্য যে একক বেল্ট ব্যবহার হয় তাছাড়া বিশেষ ক্ষেত্র এবং প্রয়োজন ছাড়া সর্বদা ষ্ট্যান্ডার্ড সাইজের বন্ধ বেল্টই ব্যবহার হয়। বিভিন্ন গ্রুপ ও দৈর্ঘ্যের ষ্ট্যান্ডার্ড মালটিপল বেল্টের একটি তালিকা পরিশিষ্টাংশে দেয়া হয়েছে।

আংশিক অশ্ব শক্তি বিশিষ্ট যন্ত্রের জন্য যে একক বেল্ট ব্যবহার হয় ক্রস সেকসন চার গ্রুপে বিভক্ত যেমন 2L, 3L, 4L, এবং 5L গ্রুপ অনুসারে $\frac{১}{৪}$ থেকে $\frac{২১}{৩২}$ প্রস্থ এবং যথাক্রমে $\frac{৫}{৩২}$" থেকে $\frac{৩}{৪}$ " পুরুত্ব হয়ে থাকে। লম্বায় ১০০০মিঃমিঃ পর্যন্ত হতে পারে। বেল্টের গায়ে দুই ভাবে সাইজ চিহ্নিত হতে পারে। যেমন 3L 150 অর্থাৎ গ্রুপ 3L এবং লম্বা ১৫০ মিঃমিঃ। এই বেল্টের দৈর্ঘ্য বেল্টের বাহিরের দিকে (outside length) মাপা হয়। আবার যদি থাকে 3-150 বা 3150 তাহলেও বুঝতে হবে যে গ্রুপ 3L এবং দৈর্ঘ্য ১৫০মিঃমিঃ। অর্থাৎ প্রথম সংখ্যা গ্রপের এবং শেষ তিন সংখ্যার দৈর্ঘ্য পরিমাপ।

ওয়েজ বেল্টের পরিমাপও প্রায় একই রকম। ইহাও তিনটি গ্রুপে বিভক্ত যথা 3V, 5V,8V, এবং লম্বায় পাঁচ মিটার পর্যন্ত হতে পারে। বেল্টের গায়ে 3V250 বা3-250 অথবা 3250 লেখা থাকতে পারে। এই ক্ষেত্রেও প্রথম সংখ্যা মানে গ্রপ এবং শেষের তিন সংখ্যা হল দৈর্ঘ্যের পরিমাপ। ওয়েজ বেল্টের

দৈর্ঘ্য পিচ লাইন বরাবর ধরা হয়। আর 3V,5Vএবং 8V বলতে আমরা বুঝি যে বেল্টের WpXT যথাক্রমে $\frac{৩}{৮}$ " X $\frac{৫}{১৬}$ ", $\frac{৫}{৮}$ " X $\frac{১৭}{১২}$ এবং১" $\frac{৭}{৮}$ "

ভি–বেল্ট সংস্থাপন (V-belt installation) ঃ– পুলির খাজে বেল্ট লাগানোর সময় বেল্টকে অতিরিক্ত টেনে পুলির উপর দিয়ে নিয়ে আংশিক খাজে বসিয়ে এবং পুলিকে ঘুরিয়ে বেল্ট বসানো অনুচিৎ। এতে বেল্টের উপর অত্যাধিক চাপ পড়ে এবং ভিতরে সূতা আলগা হয়ে যায় বা ছিড়ে যায়। ফলে বেল্টের আয়ু কমে যায়। সঠিক পদ্ধতি হল মটরের বেস–বোল্টস লুজ করে অথবা এডজাষ্টিং বোল্ট থাকলে তা দিয়ে এগিয়ে নিয়ে সহজ ভাবে বেল্টকে পরিয়ে দেয়া এবং পুনরায় মটরকে সঠিক স্থানে আবদ্ধ করে দেয়া। ভি–বেল্ট লাগানোর সময় নিম্নের পাঁচটি মূল বিষয়ের প্রতি লক্ষ্য রাখা বাঞ্ছনীয়।

১। পুলিদ্বয়ের কেন্দ্র দূরত্ব এমন ভাবে কমাতে হবে যেন বেল্ট একটু টান রেখে সহজে খাজে বসিয়ে দেয়া যায়।

২। সবগুলি বেল্ট একই দিকে (সম্ভবত উপরের দিকে) স্লেক অবস্থায় রাখতে হবে।

৩। মটর বা ড্রাইভ যন্ত্রকে পিছিয়ে নিয়ে বেল্টে মোটামুটি সঠিক টান সৃষ্টি করতেহবে।

৪। যন্ত্রকে কিছুদিন চালিয়ে বেল্টকে খাজে বসার সুযোগ দিতে হবে। অতপর যন্ত্রটি বন্ধ করে পুনরায় বেল্টে সঠিক টান দিতে হবে।

৫। ২/৩ দিন চলার পর টেনসন সঠিক আছে কি না পরীক্ষা করে দেখতে হবে।

বেল্টে সঠিক পরিমাণে টান সৃষ্টি করা অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ বিষয় যা অনেকেই অবহেলা করে থাকে। যদি টান কম থাকে তবে বেল্ট খাজে বেশী স্লিপ করবে। ফলে বেল্ট তাড়াতাড়ি নষ্ট হবে এবং পুলির খাজও তাড়াতাড়ি ক্ষয় হয়ে যাবে। অতিরিক্ত টানে বেল্ট লম্বা হয়ে নিজস্ব ইলাষ্টিক শক্তি হারায়,তাছাড়া প্রাথমিক পর্য্যায়ে পুলি ও বিয়ারিং এ অসম শক্তি প্রয়োগ করে।

বেল্টে টান সৃষ্টি করার নিয়ম হল মটরকে পিছিয়ে বা ড্রাইভার যন্ত্রকে এডজাষ্টিং নাট দিয়ে আস্তে আস্তে পুলিদ্বয়ের দূরত্ব বাড়িয়ে এমন পর্যায়ে নিয়ে আসা যখন মনে হবে যে বেল্টটি যথেষ্ট টাইট হয়েছে। এই অবস্থায় বেল্টকে

হাত দিয়ে আঘাত করলে স্প্রিং এর মত লাফিয়ে উঠবে। টেনসন কম হলে বেল্ট ধীরে উঠবে। আর অতিরিক্ত টেনসন হলে আঘাত করলে বেল্টে স্প্রিং একসন হবেনা।

আরো সঠিক উপায়ে বেল্ট টেনসন দেয়ার নিয়ম হল যে বেল্টকে টান দেয়ার সময় কতটা বাড়ল (Elongation) তাহা মেপে দেখা। সহজ নিয়ম হল যে লুজ অবস্থায় বেল্টের খানিকটা দৈর্ঘ্য মেপে নেয়া যথা ১০০ ইঞ্চি মেপে নিয়ে দাগ দিয়ে দেয়া। অতঃপর টান সৃষ্টির জন্য ধীরে ধীরে টাইট দেয়া যতক্ষণ না বেল্টের দৈর্ঘ্য প্রায় ২% বেড়ে না যায় অর্থাৎ দাগ দুইটির দূরত্ব ১০২ ইঞ্চি না হয়। বেল্ট টাইট অবস্থা এবং গতির উপর নির্ভর করে ২% থেকে ২$\frac{১}{২}$% বৃদ্ধিসাধারন ভাবে গ্রহনযোগ্য। বেল্টের গতি ৬০০০ থেকে ৮০০০ ft/min. হলে ৩% বৃদ্ধি করা ভাল। তবে বেল্টের বৃদ্ধি ৫% এর উপরে যাওয়া নিষিদ্ধ।

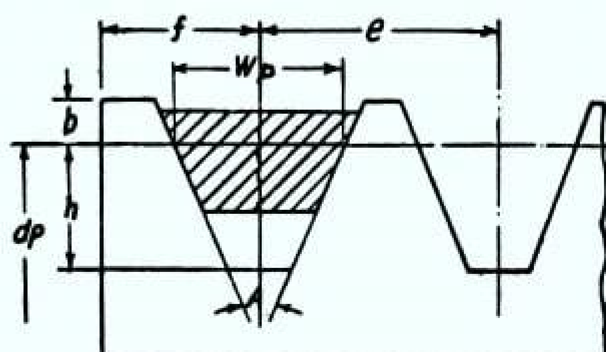
বেল্ট টেনসন দেয়ার সঠিক পদ্ধতি হল বেল্ট টেনসন মাপার যন্ত্র দিয়ে টান পরীক্ষা করে দেখা। কোন বেল্টে কি অবস্থায় কতটা টেনসন দিতে হবে তাহাও ঐ যন্ত্রের সাথে বলে দেয়া থাকে।

ভি–বেল্টের কেন্দ্র দূরত্ব বেশী হলে আইড্‌লার অর্থাৎ তৃতীয় একটি পুলি মধ্যবতী সুবিধাজনক স্থানে লাগান হয়। যদি ড্রাইভটি পালসেটিং লোড সম্পন্ন হয় তখনও আইড্‌লার পুলি ব্যবহার করা হয়। সেক্ষেত্রে আইডলার পুলিটি স্প্রিং লোডেড করা হয়ে থাকে। এতে বেল্টে বেশী কম্পন বা হুইপিং হয় না। ভি–বেল্টের আইডলার পুলির বেল্টের ভিতর দিকেই স্থাপন করা হয়।

ভি–বেল্ট পুলি (Vee -Belt pully)ঃ–

ভি–বেল্ট পুলি কাষ্ট আয়রন অর্থাৎ ঢালাই লোহায় প্রস্তত হয় অথবা মাইল্ড স্টীল দিয়ে তৈরী করা হয়। বিভিন্ন গ্রুপের বেল্টের জন্য পুলির ও বিভিন্ন ব্যাস ও পরিমাপ হয়ে থাকে। নিম্নে পুলি গ্রুপের স্ট্যান্ডার্ড ও পরিমাপের একটি তালিকা এবং একটি ক্রস সেকসন চিত্র দেখান হল।

ভি–বেল্টের মত পুলিও ক্ষয় হয়। যদি পরিবেশ ধুলাময় থাকে অথবা কোন বস্তুকনা পুলির খাজে পড়ে তবে পুলি এবং বেল্টের সাথে ঘর্ষণ হয়ে ক্ষয় বেশী হয়। পুলির খাজ ক্ষয় হয়ে গেলে বেল্টের সাথে সঠিক ভাবে স্পর্শ করে থাকে না,ফলে স্লিপ বেড়ে যায়। ক্ষয়ের পরিমান বেশী হলে বেল্ট খাজের ভিতরে বসে যায় এবং কখনো তলায় লেগে যায়, ফলে বেল্ট শ্রীঘ্র নষ্ট হয়ে যায়। পুলির



চিত্র নং—২০, পুলি গ্রুভ সেকসন

ছক নং—৮, স্ট্যাণ্ড ভি—বেল্ট পুলি গ্রুভ

STANDARD VEE-BELT PULLEY GROOVES

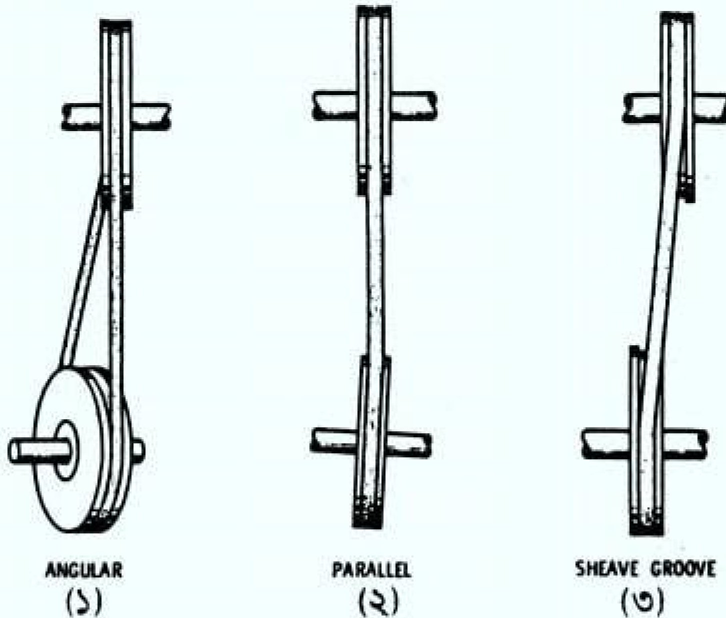
Groove cross-section	Pitch width (W_p) in mm	Minimum distance down to pitch line (b) in mm	Pulley pitch diameter (d_p) in mm	Angle-A (tolerance ±0.5°)	Minimum depth below pitch line (h) in mm	Centre to centre distance, of grooves (e) in mm	Edge to the pulley first groove centre (f) in mm
A	11	3.3	67 to 75	32°	8.7	15±0.3	10^{+2}_{-1}
			75 to 125	34°	do	do	do
			Over 125	38°	do	do	do
B	14	4.2	117 to 125	32°	10.8	19±0.4	12.5^{+2}_{-1}
			125 to 200	34°	do	do	do
			Over 200	38°	do	do	do
C	19	5.7	175 to 200	34°	14.3	25.5±0.5	17^{+2}_{-1}
			200 to 300	36°	do	do	do
			Over 300	38°	do	do	do
			300 to 355	34°	19.9	37±0.6	24^{+3}_{-1}

মধ্যে নুতন বেল্ট পড়ালে তাহা উপরের কলার হতে $\frac{১}{১৬}$" বেশী নীচে নামা উচিত নয়। যদি এর বেশী হয় তবে বুঝতে হবে খাজ ব্যবহার উপযুক্ততার বেশী খেয়ে গেছে। অনেক সময় খাজের মধ্য এলাকায় ঢেউর মত ক্ষয় হয়, সে ক্ষেত্রে টেমপ্লেট দিয়ে পরীক্ষা করে দেখতে হবে, যদি এই ক্ষয় $\frac{১}{৩২}$" বেশী হয় তবে তা গ্রহণযোগ্যের বাহিরে ধরতে হবে।

পুলির খাজ ক্ষয়ে গেলে তা ওয়েল্ডিং করে পুনরায় সঠিক মাপে মেসিনিং করা সম্ভব। পুলির কলার ভেঙ্গে গেলে অথবা ক্রেক বা চিড় ধরে থাকলে তা ব্যবহার করা উচিত নয়। সম্ভব হলে মেরামত করতে হবে নতুবা নূতন পুলি ব্যবহার করতে হবে। পুলি মেরামত করার পর পরীক্ষা করে দেখতে হবে যে উহা সোজা আছে কিনা এবং প্রয়োজনবোধে বেলেন্সিং করে দেখা ভাল।

সাফ্‌টে পুলি বসাবার সময় সর্বদা পুলিদ্বয়ের এলাইনমেন্ট পরীক্ষা করে দেখা দরকার। সামান্য হেরফের থাকলে বেল্ট তা স্থিতিস্থাপক দ্বারা মানিয়ে নেয় কিন্তু অতিরিক্ত হলে বেল্ট শীঘ্র নষ্ট হয়ে যায় এবং পুলির খাজের কোন একদিকে অসম ক্ষয় হয়। প্রতি ১২ ইঞ্চি কেন্দ্র দূরত্বে $\frac{১}{১৬}$" ইঞ্চি পর্যন্ত মিস-এলাইনমেন্ট গ্রহণ করা যেতে পারে।

তিন রকমের মিসএলাইনমেন্ট হতে পারে যাহা চিত্রের সাহায্যে দেখান হলঃ

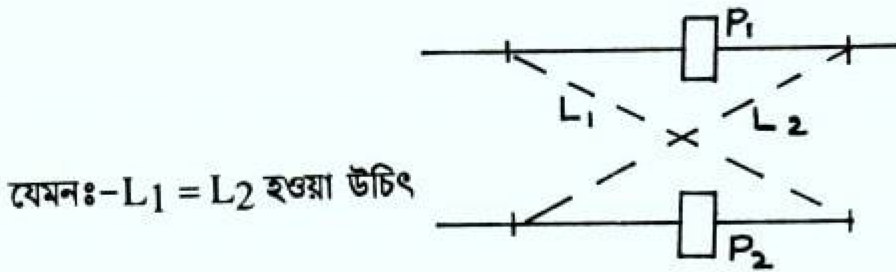


চিত্র নং—২১, ভি—বেল্টের ত্রুটিপূর্ণ এলাইনমেন্ট

পুলি এলাইনমেন্ট করার পদ্ধতি হল–

১। লেভেল ইন্ডিকেটর দিয়ে পরীক্ষা করতে হবে যে সাফ্‌ট সোজা এবং বরাবর আছে কিনা।

২ পুলিদ্বয়ের সাফ্‌ট দুটি অসমান্তরাল কিনা তা মেপে দেখতে হবে। সাফ্‌টদ্বয়ের দূরত্ব সমান আছে কিনা তাহা সাফ্‌টের দুই প্রান্তদেশে পরিমাপ করে দেখতে হবে।যেমন–



চিত্র ,নং–২২, সাফ্‌টদ্বয়ের সমদূরুত্ব পরিমাণ পরীক্ষা

৩। পুলিদ্বয়ের মুখ তল (face) একই লাইনে আছে কিনা তা ষ্ট্রেট এজ অথবা তার দিয়ে টানা দিয়ে পরীক্ষা করে দেখতে হবে।

বেল্ট সংরক্ষণ ঃ– বেল্ট খারাপ হয়ে গেলে তাহা মেরামত সম্ভব নয়। সুতরাং যে সব কারণে বেল্ট খারাপ হতে পারে সেগুলি দূরীভূত করাই সমীচীন।

বেল্টে কখনও অতিরিক্ত তাপ লাগতে দেয়া উচিত নয়।। বেল্ট ড্রাইভ যেন রেডিয়েটর, হিটার ,চুল্লী, ষ্টীম পাইপ ইত্যাদির সন্নিকটে না চলে। বেল্টের তাপমাত্রা চলাকালীন অবস্থায় ১৪০ডিগ্রী হতে ১৮০ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড পর্যন্ত থাকতে পারে। বেল্টের গায়ে সর্বদা বাতাস লাগার ব্যবস্থা থাকা চাই। সুতরাং জালি ধরনের কভার বা গার্ড বেল্টের উপর থাকা যুক্তিসম্মত। বেল্ট এবং পুলির খাজ পরিষ্কার রাখতে হবে। ধুলাবালির পরিবেশ থেকে মুক্ত থাকা ভাল। বেল্টের গায়ে কখনো তৈলাক্ত পদার্থ বা গ্রীজ লাগতে দেয়া উচিত নয়। অনেকের ধারনা যে বেল্টের গায়ে ৩/৪ ফোটা তৈল লাগিয়ে দিলে ভাল চলবে,তাহা ভুল।

বেল্ট সেটের যে কোন একটি বেল্ট লুজ বা খারাপ হলে সবগুলি বেল্টই পরিবর্তন করা উচিত। কেননা যেটি লুজ থাকে তার লোড অন্যগুলির উপর গিয়ে

ছক নং—৯, ভি বেল্টের ত্রুটি নিরসন তালিকা

ত্রুটি (Trouble)	কারণ (Cause)	নিরসন (Correction)
বেল্ট স্লিপি করে (Belt Slipping)	ক) টান যথেষ্ট নয় খ) অতিরিক্ত লোড গ) বেল্ট তৈলাক্ত	ক) টেনসন বাড়ান খ) ড্রাইভ ক্ষমতা বাড়ান গ) তৈল মুছে ফেলা এবং তৈলাক্ত পরিবেশ দূর করা
বেল্ট বটে যাওয়া (Belts Squealing)	ক) স্টার্টিং লোড বেশী খ) স্পর্শ কোণ যথেষ্ট নয়	ক) টেনসন বাড়ান খ) কেন্দ্র দূরত্ব বাড়ান
বেল্ট উল্টে যাওয়া (Belt Turns over)	ক) বেল্টের কর্ড ছিড়া যাওয়া খ) বেল্টের উপর আঘাতজনিত লোড পড়া	ক) বেল্ট লাগানোর সময় কেন্দ্র দূরত্ব যথেষ্ট কমিয়ে নেয়া খ) স্প্রিং সংযুক্ত আইডলার ব্যবহার করা যেতে পারে অথবা মটরের বেস পিভটেড (Pivoted) হওয়া চাই।
ঘন ঘন বেল্ট নষ্ট হওয়া	ক) শক লোড (Shock lood) খ) বেল্টের কর্ড ছিড়ে যাওয়া গ) ধুলিকণা থাকা ইত্যাদি।	ক) টেনসন বাড়ান অথবা ড্রাইভ ক্ষমতা বাড়ান। খ) বেল্ট লাগানোর সময় কেন্দ্র দূরত্ব কমিয়ে নেয়া। গ) পরিবেশ পরিষ্কার রাখা এবং বেল্টের উপর গার্ড ব্যবহার করা।
বেল্ট ক্রেক হওয়া বা শক্ত হয়ে যাওয়া	ক) বেশী তাপ।	তাপময় পরিবেশ দূরীভূত করা, বাতাস প্রবাহের সুবিধা করা, স্লিপ কম হওয়ার ব্যবস্থা করা।

বেল্ট তাড়াতাড়ি ক্ষয় হওয়া (Belt Rapid wear)	ক) পুলির খাজ ক্ষয়যুক্ত খ) পুলির ব্যাস খুব কম গ) এলাইনমেন্ট ঠিক নয় ঘ) লোড বেশী ঙ) বেল্ট তলায় স্পর্শ করে চ) স্লিপ বেশী	ক) পুলি মেরামত বা পরিবর্তন করা খ) ব্যাসবাড়ান গ) এলাইনমেন্ট সঠিক করা ঘ) ড্রাইভ ক্ষমতা বাড়ান ঙ) বেল্ট পরিবর্তন চ) টেনসন বাড়ান
অতিরিক্ত বেল্ট কম্পন ও চাপ্‌ড়ানি (Excessive belt whipping)	ক) কেন্দ্র দূরত্ব বেশী খ) লোডের উঠা নামা (Pulsating load)	ক) কেন্দ্র দূরত্ব কমান অথবা স্প্রিং সংযুক্ত আইডলার ব্যবহারকরা। খ) ড্রাইভে ফ্লাই হুইল লাগান যেতে পারে।

পড়ে। তাছাড়া নূতন এবং পুরাতন বেল্ট একসাথে ব্যবহার করলে টেনসনের বা টানের পার্থক্য থেকে যায়। পুলির খাজ খেয়ে গেলে বা পার্শ্বে ঢেউয়ের মত ক্ষয় হয়ে গেলে তাহা মেরামত করা উচিত। নতুবা নূতন পুলি লাগিয়ে নেয়া ভাল।

বেল্ট এবং বেল্ট ড্রাইভে ত্রুটি সমূহ এবং তার সঠিককরণের একটি তালিকা আগের পৃষ্ঠায় দেওয়া হয়েছে।

ফ্লাট বেল্ট (Flat belt)- উন্নত মানের কল কারখানায় যদিও ফ্লাট বেল্টের ব্যবহার অত্যন্ত কম কোন কোন স্থানে এর বিশেষ ব্যবহার আছে। যদি পরিবেশ পরিচ্ছন্ন না হয় বা একই সাপ্ট থেকে ভিন্ন ভিন্ন গতির মেসিন চালাতে হয় এবং বেল্ট পরিবর্তন করে প্রয়োজন মাফিক কাজে ভিন্ন বেল্ট ব্যবহার করতে হয় তবে ঐ সব ক্ষেত্রে ফ্লাট বেল্ট বা চেপটা বেল্টের ব্যবহার বেশী। আমাদের দেশে চালের কল,তৈলের কল এবং পাটকলে শক্তি হস্তান্তরের কাজে ফ্লাট বেল্টের যথেষ্ট ব্যবহার আছে।

ফ্লাট বেল্ট চামড়া, রাবার বা কেনভাসের তৈরী হয়ে থাকে। আবার রাবার ও কেনভাস জাতীয় সূতার সমন্বয়েও ফ্লাট বেল্ট তৈরী হয় এবং এই জাতীয় বেল্টের ব্যবহারই বেশী। ইহা ছাড়াও তার, নাইলন কর্ড, গাম, ইত্যাদি সংযোজন করেও বিশেষ ধরনের ফ্লাট বেল্ট তৈরী হয়ে থাকে।

বেল্টের গতি, দৈর্ঘ্য,শক্তি এবং পুলির ব্যাস পরিমাপের হিসাব ও সুত্র সমূহ পূর্বে আলোচিত হয়েছে যা ফ্লাট বেল্টের ক্ষেত্রেও প্রায় একই রকম। একটি বেল্ট নির্বাচিত করার সময় তার গতি কত হবে, পুলির ব্যাস কত হবে, কি কাজ, কোথায় ব্যবহার হবে এবং কত শক্তি হস্তান্তর করবে–এই বিষয়গুলি বিবেচিত হওয়া দরকার। লক্ষ্য রাখতে হবে যেন ফ্লাট বেল্টের গতি প্রতি মিনিটে ৬০০০হাজার ফিটের বেশী না হয়। উপযুক্ত এবং ব্যবহারিক গতি (economical speed) হল ৩০০০ ft /min থেকে ৫০০০ ft/min.

বেল্টের পূরত্ব অনুসারে বেল্টের গতি, পুলির ব্যাস এবং অশ্ব শক্তি হস্তান্তরের পরিমাপ নির্ভর করে। ফ্লাট বেল্টের পুরুত্ব আবার দুই তিন বা তার অধিক স্তরে বিন্যস্ত থাকে। বেল্টের পুরুত্ব এবং ব্যবহারযোগ্য সর্বনিম্ন পুলির ব্যাস কত হওয়া উচিত তার একটি তালিকা পরের পৃষ্টায় দেওয়া হল।

ছক নং—১০, ফ্লট বেল্ট ও তার বিভিন্ন পরিমাপ

বেল্টের প্রকার	পুরুত্ব ইঞ্চিতে	নিম্নের গতি মাত্রা ft / min পুলি ব্যাস, (ইঞ্চি))		
		২০০০ বা তার নীচে	২০০০ থেকে ৪০০০ হয়	৪০০০ এর উপরে হয়
হালকা একক পল (Light Single ply)	$\frac{১}{৮}-\frac{৫}{৩২}$	৩	৪	৫
মাঝারি একক পল (Medium Single ply)	$\frac{৫}{৩২}-\frac{৩}{১৬}$	৪	৬	৮
ভারী একক পল (Heavy Single ply)	$\frac{৩}{১৬}-\frac{৭}{৩২}$	৫	৮	১০
হালকা দ্বিগুণ পল (Light Double ply)	$\frac{১}{৪}-\frac{৯}{৩২}$	৬	১০	১৪
মাঝারি দ্বিগুণ পল (Medium Double ply)	$\frac{৫}{১৬}$	১০	১২	১৮
ভারী দ্বিগুণ পল (Heavy Double ply)	$\frac{৩}{৮}$	১৬	২০	২৪
মাঝারি ত্রিগুণ পল (Medium Three ply)	$\frac{১}{২}$	৩০	৩৪	৩৮
ভারী ত্রিগুণ পল (Heavy Three ply)	$\frac{৯}{১৬}$	৩৬	৪২	৪৮

বেল্টের প্রস্থ (Width) নির্ভর করে উহা কিসের তৈরী এবং কত শক্তি হস্তান্তর করা হবে তার উপর। সাধারণভাবে প্রতি ইঞ্চি বেল্ট প্রস্থ (per inch of

belt width) অনুসারে বিভিন্ন গতিতে কত গড় অশ্ব শক্তি হস্তান্তরে সক্ষম তাহা নিম্নে দেয়া হলঃ

ছক নং –১১, বেল্টের গতি, প্রস্থ ও অশ্ব শক্তি

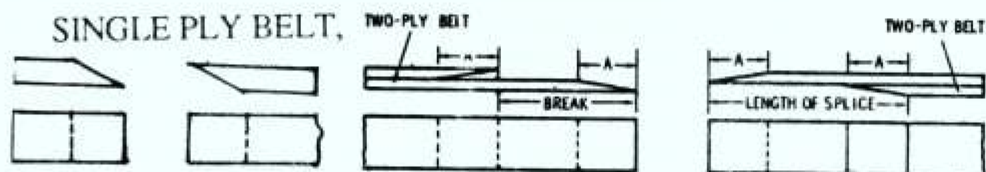
বেল্টের গতি	রাবার কেনভাস জাতীয় বেল্ট হলে		চামড়া জাতীয় বেল্ট হলে	
ft / min	৪ পল (Plies) HP হবে–	৪–৬ পল হলে HP হবে–	একক পল হলে HP হবে–	দ্বিগুণ পল হলে HP হবে
৫০০	১·০০	১·৫০	১	১·৫
১০০০	১·২	২·০০	১·৮	২·৭
১৫০০	১·৮	৩·০০	২·৫	৩·৮
২০০০	২·৪	৪·০০	৩·৬	৫·০
২৫০০	২·৯	৫·০০	৪·০	৬·০
৩০০০	৩·৫	৫·৯	৫·২	৬·৮
৩৫০০	৪·০	৬·৮	৬·০	৮·২
৪০০০	৪·৩	৭·৫	৭·০	৯·৫
৪৫০০	৪·৬	৭·৯	৭·৫	১০·৫
৫০০০	৪·৯	৮·৫	৮·০	১১·৬
৫৫০০	৫·২	৮·৮	৮·৫	১২·৫
৬০০০	৫·৮	৯·৫	৮·৯	১৩·০

বেল্টের দৈর্ঘ্য নির্ণয়ের জন্য সহজ পন্থা হল একটি স্টীল টেপ বা পিয়ানো তার সুন্দরভাবে পুলিদ্বয়ের গা জড়িয়ে দূরত্বসহ মেপে নেয়া। এর সাথে বেল্ট জোড়া দেয়ার জন্য আনুমানিক পরিমাণের দৈর্ঘ্য বেশী রাখা যায়। যদি পুরাতন বেল্ট পরিবর্তন করা হয় তবে আগেরটির সমপরিমান দৈর্ঘ্যের চেয়ে বেল্ট পুরুত্বের ছয়গুণ পরিমান দৈর্ঘ্য কমিয়ে নুতন বেল্টের দৈর্ঘ্য পরিমাপ করা হয়ে থাকে। এ ছাড়া পূর্বে উল্লেখিত সূত্র ব্যবহার করেও দৈর্ঘ্য বাহির করা সম্ভব,তবে ভি-বেল্ট ও ফ্লাট বেল্টের পার্থক্যটুকু মনে রাখতে হবে। যদি আড়াআড়িভাবে ব্যবহারের জন্য ফ্লাট বেল্ট হয় তাহলে নিম্নের সূত্র ব্যবহার করতে হবেঃ

$$L = \frac{\pi}{2}(D+d) + \{2\sqrt{C^2+(\frac{D+d}{2})2}\}$$

ফ্লাট বেল্ট জোড়া লাগানোর কয়েকটি পদ্ধতি আছে। তার মধ্যে নিম্নলিখিত পদ্ধতিগুলি বেশী প্রচলিতঃ

১। **সিমেন্ট জোড়া (Cementing)ঃ**— বেল্টের দুই প্রান্তকে চাকু দিয়ে ৪"থেকে ৬" পরিমাণ দৈর্ঘ্য টেপার করে কেটে পরিষ্কার করে নিতে হবে। অতঃপর বেল্ট–সিমেন্ট ইহার উপর ছড়িয়ে দিয়ে একটিকে অন্যটির উপর শক্তভাবে স্থাপন করতে হবে। এরপর কোন কিছু দিয়ে ঘন্টা খানেক চাপ দিয়ে রাখতে হবে। বেল্টকে কি ভাবে টেপার করে কাটা হবে তাহা নিম্নে দেখান হলঃ

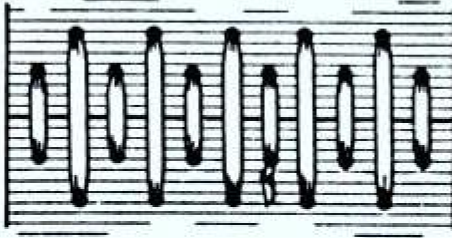


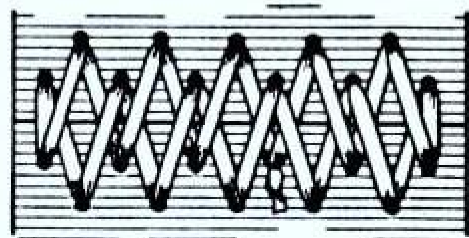
চিত্র নং–২৩, সিমেন্ট জোড় পদ্ধতি

ক্লেম্প জোড় (Clamping) ঃ— ভারী কাজে ব্যবহৃত বেল্ট সমুহ এবং যেখানে বেল্টের উপর বেশী টান রাখা প্রয়োজন সেখানে বেল্ট ক্লেম্পিং উপযোগী। বিভিন্ন সাইজের এবং বিভিন্ন রকমের ক্লেম্প বাজারে পাওয়া যায়। ক্লাম্প লাগানোর সময় বেল্টে র দুই প্রান্তকে উপযুক্ত ফিকচারের মধ্যে বেধে এবং টান রেখে ক্লেম্প লাগাতে হবে। ক্লেম্প লাগানোর সময় প্রান্তদ্বয় যেন সমান্তরাল থাকে এবং ক্লেম্প সঠিক ভাবে সোজা করে লাগাতে হবে।

লেইস জোড় (Laced Joint) ঃ— বেল্ট জোড়া দেয়ার বিশেষ ধরনের ফিতা দিয়ে বেল্টের প্রান্তদ্বয়কে আবদ্ধ করা হয়। লেদার জাতীয় বেল্টে এর ব্যবহার বেশী ও উপযুক্ত। বেল্টের প্রান্তদ্বয়ে প্রথমে পাঞ্চ দিয়ে মাথা হতে $\frac{৩}{৮}$ ইঞ্চি উপরে, $\frac{১}{২}$ ইঞ্চি দূরে দুরে ছিদ্র করে নিতে হবে। অতপব বিশেষ নিয়মে বা

জাল বুনার পদ্ধতিতে বেল্টদ্বয়কে বাধঁতে হবে। বাধাঁর দুইটি নমুনা চিত্রে দেয়া হলঃ


(A) Pulley side.


(B) Outside.

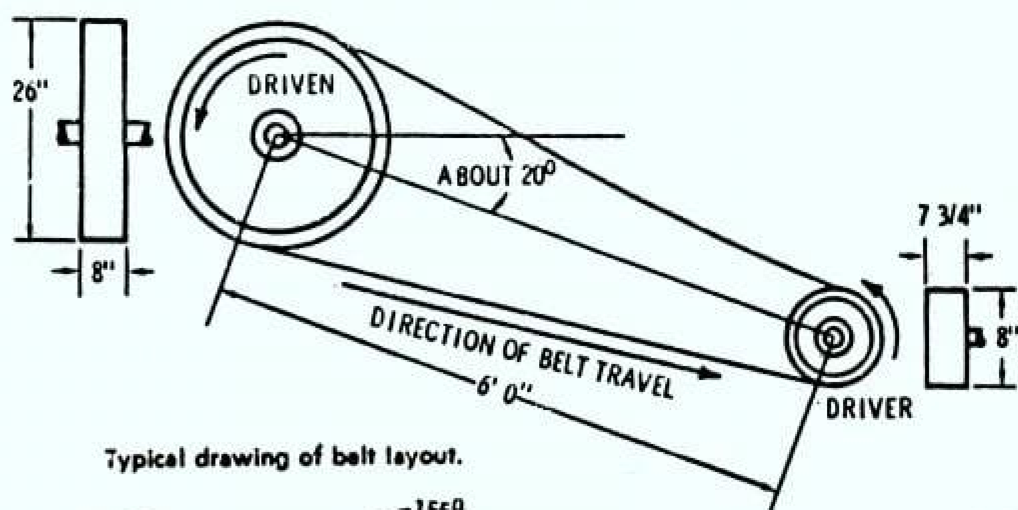
চিত্র নং-২৪, লেইস জোড়

বেল্ট স্থাপন ঃ- বেল্ট কখনো এমন ছোট হওয়া উচিত নয় যা পুলিদ্বয়ে স্থাপন করতে বেশী বেগ পেতে হয়। মোটামুটি টান রেখে বেল্টকে পড়িয়ে দিতে হবে। বেল্টে অতিরিক্ত টান থাকলে শ্রীঘ্র নষ্ট হয়ে যায় এবং পুলির বিয়ারিং'এ চাপ সৃষ্টি করে। পুলি বেল্ট হতে এক ইঞ্চি পরিমাণ বেশী পাশ হওয়া দরকার।

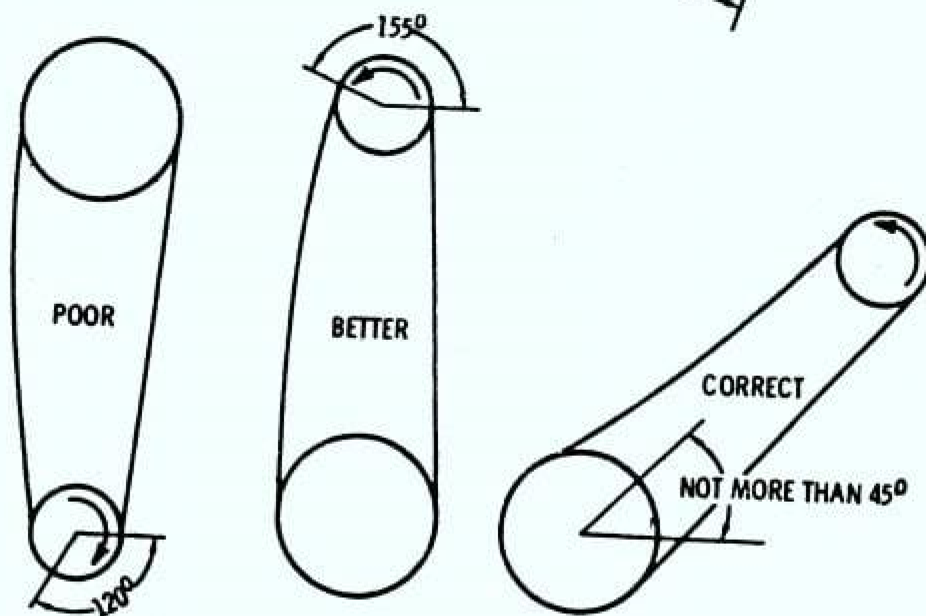
বেল্টকে ভূমির সমান্তরাল করে বসানোই শ্রেয়। তবে প্রয়োজন মোতাবেক কোনাকোনি বা খাড়াও বসানো যেতে পারে। ভূমি সমান্তরাল হলে বেল্টের নীচের দিক টান অবস্থায় এবং উপরের দিক ঝুলে থাকে এমন ভাবে ঘূর্ণানর দিক নির্দেশ হতে হবে। এতে উপরের দিকে স্পর্শ কোণ বেশী পায়। বেল্টের ঝুল (Sag) যেন প্রতি দশ ফুটের জন্য এক থেকে দেড় ইঞ্চির বেশী না হয় এমন টান বেল্টে রাখতে হবে। যদি বেল্টের ঝুল বেশী হয় তাহলে বেল্ট চাপড়াতে থাকে যা বেল্ট ও মেসিন উভয়ের জন্য ক্ষতিকর। বেল্ট খাড়াভাবে স্থাপন করলে ভাল কাজ করতে পারে না। ৪৫ ডিগ্রী পর্যন্ত কৌণিক অবস্থানে পুলিদ্বয়কে রাখার চেষ্টা করতে হবে। বেল্ট ও পুলির অবস্থান এবং বেল্টের ঘূর্ণায়ন দিক সম্পর্কে ২৫ নং চিত্রে কয়েকটি ছবি দেয়া হলঃ

পুলি এবং সাফ্ট এলাইনমেন্ট সম্পর্কে পূর্বে যা বলা হয়েছে ফ্লাট বেল্টের বেলায়ও তা প্রযোজ্য। এলাইনমেন্টের সময় মটর সাফ্‌টকে অস্থায়ী অবস্থায় সমন্বয় ফাঁকের মাঝামাঝি রেখে মাপামাপি করতে হবে। প্রয়োজনে মটর বা মটর সাফ্‌টকে নড়া চড়া করে এলাইনমেন্ট সঠিককরণ করা সহজ।

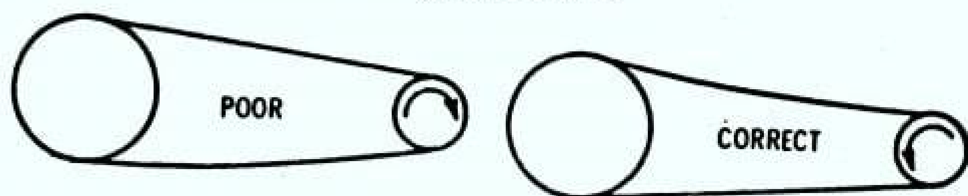
দুই পুলির দূরত্ব কতটা হওয়া উচিত ইহাও বিবেচ্য বিষয়। সাধারনভাবে বলা যায় যে দূরত্ব বাড়ানোই উত্তম, তবে এমন যেন না হয় যে ঝুলের পরিমান



Typical drawing of belt layout.



Vertical-belt drive.



Horizontal-belt drive.

চিত্র নং—২৫, ফ্লাট বেল্ট ড্রাইভের লেআউট এবং সংযোগ ব্যবস্থার কয়েকটি নমুনা

বেড়ে যায়। মোটামুটি হিসাব হল ছোট পুলি ও চিকন বেল্টের জন্য গড়ে ১৫ ফুট, মাঝারি ধরনের জন্য ২০–২৫ ফুট এবং বড় বেল্ট বা মূল বেল্ট ড্রাইভ সিষ্টেমের জন্য ২৫–৩০ ফুট দূরত্ব। যদি পুলির দূরত্ব কোন কারণে বেশী কম রাখতে হয় তাহলে আইড্‌লার ব্যবহার করা উচিত।

ফ্লাট বেল্ট ব্যবহার করে মটর সাফ্‌ট ও পুলি হতে যে কোন তলের কৌণিক অবস্থানের সাফ্‌টে শক্তি হস্তান্তর করা যেতে পারে। তবে সাফ্‌টের লেবেল সমান হলে ভাল। এসব ক্ষেত্রে বেল্ট টুইস্ট হয়ে অন্য পুলিতে ঘুরতে থাকে। দিক পরিবর্তনের জন্য এক বা একাধিক ডামি বা মুলি (Mule) পুলি ব্যবহারের প্রয়োজন হয়ে থাকে।

যদি দুটি পুলির দূরত্ব কম হয় বা মটরের পুলির তুলনায় যন্ত্রের পুলি অনেক বড় হয় তাহলে স্পর্শ কোণ বাড়ানোর জন্য বেল্ট ক্রস করে লাগানো হয়। আবার এক পুলি হতে অন্য পুলির ঘূর্নয়ন দিক বিপরীত করার জন্যও ক্রস–বেল্ট (Cross-belt) ব্যবহার হয়ে থাকে।

বেল্ট সংরক্ষণঃ— বেল্ট নষ্ট হলে তা মেরামত করা যায় না। সুতরাং বেল্ট যাতে শীঘ্র নষ্ট হতে না পারে সেই দিকে লক্ষ্য রাখাই বাঞ্ছনীয়।

(ক) বেল্টকে সর্বদা পরিমিত টাইট অবস্থায় রাখা উচিত। অনেক দিন চলার পর বেল্ট কিছুটা লম্বা হয় এবং ঝুল বেড়ে যায় সে ক্ষেত্রে মটর বেজকে সমন্বয় করে বেল্টে টান সৃষ্টি করতে হবে। বেশী লম্বা হলে তা কেটে ফেলে দিতে হবে। আর যদি বেল্টের উপর টান সৃষ্টি রাখার জন্য আইডলার চাকা বা ওজন ব্যবহার হয়ে থাকে তা হলে বেল্ট কাটার দরকার হয় না। বেল্ট চলার স্থানে বেশী গরম এবং জলীয় বাষ্প থাকলে বেল্টকে তাড়াতাড়ি লম্বা হতে সাহায্য করে। সুতরাং সে পরিবেশ হতে যতটা সম্ভব বেল্টকে মুক্ত রাখতে হবে।

খ) বেল্টে ধুলাবালি থাকলে তা ঝেড়ে ফেলতে হবে। বেল্টের উপর তৈলাক্ত জাতীয় কোন পদার্থ পড়তে দেয়া ঠিক নয়। ময়লা জমা হয়ে যদি স্তর সৃষ্টি করে তাহলে কাঠের কাঠি দিয়ে চেছে পরিষ্কার করে দিতে হবে।

গ) কয়েক মাস পর বেল্ট পরিষ্কার করার পর ভাল বেল্ট–ড্রেসিং কম্পাউন্ড ব্রাস দিয়ে হালকা করে লাগাতে হয়। এতে বেল্টের কার্য্যক্ষমতা বেড়ে যায়।

ঘ) যন্ত্রে নূতন বেল্ট লাগানোর পর অল্প লোডে কয়েক ঘন্টা চালিয়ে নেয়া উচিত। বেল্টের চারিদিকে জালি জাতীয় বেড়া লাগিয়ে দেয়া একান্ত প্রয়োজন। এতে দুর্ঘটনার সম্ভাবনা থাকে না। এতে কোন সময় বেল্ট ছিড়ে গিয়ে মানুষ অথবা যন্ত্রকে আঘাত করতে পারে না।

ভি–বেল্ট এবং ফ্লাট বেল্ট ছাড়াও ক্ষেত্র বিশেষে আরও নানা রকম বেল্টের ব্যবহার আছে। যথা রোপ বেল্ট (Rope belt), কর্ড বেল্ট (Cord belt), গিয়ার বেল্ট ইত্যাদি। তবে ইন্ডাষ্ট্রিয়াল কাজে এসবের ব্যবহার অনেক কম। যা হোক এসবের মাপ জোক এবং ব্যবহার বিধি ভি–বেল্ট ও ফ্লাট বেল্টের অনুরূপ বলা যায়।

চেইন ড্রাইভ (Chain Drive) ঃ– শক্তি হস্তান্তরে চেইন ড্রাইভের ব্যবহারও কম নয়। বিশেষ করে যেখানে পজিটিভ গতি রক্ষা করতে হয়। অর্থাৎ চালন সাফ্‌ট যতবার ঘুরবে চলিত সাফ্‌ট ও স্প্রোকেট (sprocket) অনুপাতে ততবার ঘুরবে, এর মধ্যে কোন স্লিপ থাকবে না। চেইন ড্রাইভ চেইন ও স্প্রোকেট দ্বারা পরিচালিত হয়। চেইন ড্রাইভ অনেক রকমের হতে পারে। তবে রোলার চেইন (Roller chain) এর ব্যবহার সর্বাধিক।

চেইন এক, দুই বা ততোধিক সারির হতে পারে এবং সাইজও অনেক রকম হতে পারে। চেইন ব্যবহারের বড় সুবিধা হল ইহা দীর্ঘদিন টিকে,কার্য্য ক্ষমতা বেশী (efficient) এবং যে কোন কাজে সহজে মানিয়ে নেয়া যায়।

চেইন সংস্থাপন (Chain Installation) ঃ–

চেইন সংস্থাপনে সাফ্‌টদ্বয়, এবং স্প্রোকেটদ্বয়কে সঠিকভাবে লেবেল, এলাইন ও সমন্বয় সাধন করতে হয়। স্প্রোকেটদ্বয় অবশ্যই বরাবর এবং একই তলে থাকতে হবে। বেল্ট সংস্থাপনের চেয়ে চেইন সংস্থাপনের পরিমাপে অধিক সূক্ষ্মতা অবলম্বন করতে হয়। পুরাতন চেইন পুর্বের স্প্রোকেটে বসাবার আগে পুনরায় উহার এলাইনমেন্ট দেখে নিতে হবে। চেইনকে পরিষ্কার করে কেরোসিন বা থিনারে ধুয়ে নিতে হবে। অতঃপর চেইনকে শুকনা করে একে গ্রিজ বা লুব্রিকেটিং তৈল যুক্ত করতে হবে। তেল যেন রোলার পিন,লিঙ্ক ও তাদের ছিদ্রে প্রবেশ করে। এরপর চেইনকে স্প্রোকেটদ্বয়ের উপর যথাযথভাবে বসিয়ে প্রান্তদ্বয় স্প্রোকেটের দাঁতের উপর এনে লিঙ্ক সংযোজিত করে দিতে হবে। যদি এভাবে

সংযোজনে অসুবিধা হয় তবে দুই হুক বিশিষ্ট ক্লেম্প দ্বারা টেনে প্রান্তদ্বয়ের লিঙ্ককে বরাবর এনে সংযোজন করতে হবে।

অতঃপর উপরের চেইনের মাঝামাঝি স্থানে চাপ দিয়ে দেখতে হবে মোটামুটি টেনসন আছে কিনা। প্রাথমিক অবস্থায় চেইনকে চাপ দিলে মাঝখানে ঝুল হওয়া চাই এবং তার পরিমাণ হবে স্প্রোকেটদ্বয়ের কেন্দ্র দুরত্বের প্রায় ২%। ঝুল মাপার সময় নীচের চেইনকে টানের মধ্যে রাখতে হবে। যদি ঝুল বেশী পরিলক্ষিত হয় তাহলে সাফ্‌ট বা মটরকে সরিয়ে সমন্বয় করে নিতে হবে। চেইন সংস্থাপনের পর ক্ষানিকক্ষণ ঘুরিয়ে দেখতে হবে লিঙ্ক খাজে স্প্রোকেটের দাত ঠিকমত বসতে কোন অসুবিধা হচ্ছে কিনা এবং ঘুর্ননের সময় কোন ত্রুটিজনিত শব্দ করছে কিনা। নূতন ভাবে চেইন সংস্থাপনের পর প্রায় ১০০ ঘন্টা চলার পর পুনরায় পরীক্ষা করে দেখতে হবে যে লিঙ্ক বা স্প্রোকেটর কোন এক দিকে বেশী দাগ পড়ছে কিনা বা ঘর্ষণ জাতীয় ক্ষয় হয়েছে কিনা। এমন পরিলক্ষিত হলে বুঝতে হবে যে এলাইনমেন্ট এবং সমন্বয় সাধন সঠিক হয়নি।

চেইন সংরক্ষণ ঃ– চেইন সংরক্ষণের প্রথম দিক হল একে পরিচ্ছন্ন অবস্থায় এবং নিয়মিত তৈলাক্ত রাখা। কোন ধারাল (abrassive)ময়লা যেন সংযুক্ত হতে না পারে। কি ধরনের লুব্রিকেসন করতে হবে তা নির্ভর করবে চেইনের গতির উপর।

ছয়মাস বা বৎসরে একবার পরীক্ষা করে দেখতে হবে যে চেইনের রোলার বা প্লেটের কোন দিক,অথবা স্প্রোকেটের দাঁত বেশী ক্ষয় হল কিনা। যদি স্বাভাবিকের চেয়ে অধিক ক্ষয় পরিলক্ষিত হয় তাহলে এলাইনমেন্ট সঠিক আছে কিনা দেখা দরকার। চেইন দীর্ঘদিন চলার ফলে পিন, লিঙ্কের ছিদ্র ইত্যাদি ক্ষয় হয়ে একেকটা লিঙ্ক দৈর্ঘ্যে সামান্য লম্বা হয়। এভাবে সবগুলি লিঙ্কের পরিবর্ধনের সমাহারে চেইন খানিকটা দৈর্ঘ্যে লম্বা হয়ে যায়। এতে স্প্রোকেট থেকে চেইন ঘন ঘন খুলে পড়ে যায়। আবার কখনো স্প্রোকেটের দাঁতে ঠিকভাবে বসতে চায় না। সুতরাং চেইন পরিমানের চেয়ে বেশী লম্বা হলে তাহা পরিবর্তন করাই উচিৎ। ধরে নেয়া যায় যে চেইনের মূল দৈর্ঘ্য থেকে প্রায় ৩% লম্বা বেশী হলে তাকে ব্যবহারের অনুপযোগী ধরা যায়। যদি এর চেয়ে কম দৈর্ঘ্য বাড়ে তাহলে তাকে সমন্বয় করে ঝুল কমিয়ে নিতে হবে। অথবা সম্ভব হলে একটি লিঙ্ক খুলে কমিয়ে নিতে হবে।

চেইন মেরামতে একটি কথা মনে রাখতে হবে যে বেশী পুরাতন বা ক্ষয়ে যাওয়া চেইনের যদি একটি বা দুটি লিঙ্ক ভেঙ্গে যায় তবে নূতন লিঙ্ক দিয়ে তাহা পরিবর্তন করা উচিৎ নয়। আবার স্প্রোকেট যদি বেশী ক্ষয় হয়ে থাকে তবে তাতে নুতন চেইন দিয়ে পরিবর্তন করা ঠিক নয়। এতে নূতন চেইন দ্রুত খারাপ হয়ে যাবে।

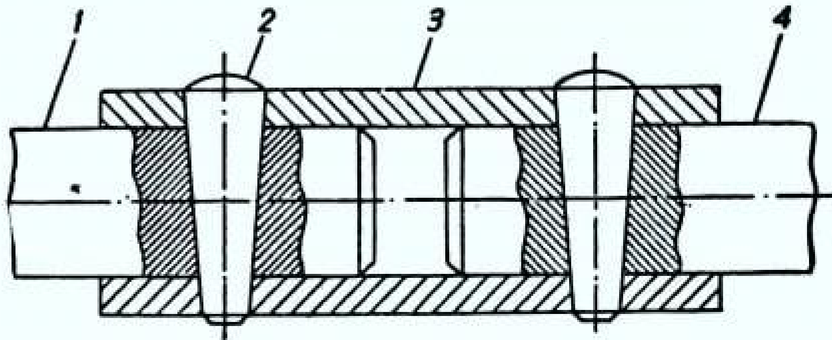
পঞ্চম অধ্যায়

কাপলিং ও এলাইনমেন্ট
(COUPLING AND ALIGNMENT)

যন্ত্রের একই অক্ষ রেখায় (axis) অবস্থিত দুটি সাফ্‌টকে বরাবর একত্রিকরণের জন্য যে যন্ত্রাংশের ব্যবহার হয় তাহার নাম কাপলিং (coupling) বা বন্ধনী। বন্ধনীর দুইটি অংশ থাকে যা দুটি সাফটের মিলন প্রান্তে শক্ত ভাবে বসান থাকে। যথাযথ নিরীক্ষা এবং সমকেন্দ্রিক রেখীকরণ অর্থাৎ এলাইনমেন্ট করার পর দুই অর্ধাংশকে একত্রে আবদ্ধ করা হয়। এভাবে কাপলিং এক যন্ত্র হতে শক্তি অন্য যন্ত্রে স্থানান্তরিত করে। যেমন একটি মটরের সাফ্‌টের সাথে একটি পাম্পের সাফ্‌টের বন্ধনীর মাধ্যমে সংযুক্ত হয়। আবার কোন কোন সময় দুই বা ততোধিক সাফ্‌টকে সংযুক্ত করে লম্বা সাফ্‌টে পরিনত করতেও বন্ধনীর প্রয়োজন হয়। অসংখ্য রকমের বন্ধনী বা কাপলিং যন্ত্র প্রাকৌশল ক্ষেত্রে ব্যবহার হয়ে থাকে। প্রধানতঃ এদেরকে দুটি দলে ভাগ করা যেতে পারে। প্রথম–রিজিড কাপলিং (Rigid coupling) বা কঠিন বন্ধনী, দ্বিতীয়– ফ্লেক্সিবল কাপলিং (Flexible coupling) বা সহনযোগ্য বন্ধনী।

কঠিন বন্ধনী (Rigid or Solid or Fixed coupling) :- কঠিন বন্ধনী দ্বারা দুটি সাফ্‌টকে সরাসরি শক্তভাবে আবদ্ধ করা হয় যেন দুটি সাফ্‌টের মধ্যে কোন প্রাকার নড়চড় হতে না পরে। এই ধরনের বন্ধনী দ্বারা সাফ্‌ট সংযুক্ত করতে হলে ভাল ভাবে কাপলিং বা তার অর্ধাংশকে সাফ্‌টে হস্তক্ষেপ ফিট (Forced fit) করে বসাতে হবে এবং নিপুনভাবে এলাইনমেন্ট করতে হবে। এ ধরনের সাফ্‌ট ও বন্ধনী টারবাইন ও জেনারেটরের মধ্যে থাকে, প্রোপেলার সাফ্‌টে থাকে এবং গভীর নলকূপে সাফ্‌টকে দীর্ঘায়িত করার সময় ব্যবহার হয়। এ ছাড়াও সরাসরি শক্তি হস্তান্তরের কাজে অনেক মেসিনে ব্যবহার হয়। পরের পৃষ্টায় কঠিন বন্ধনীর দুটি নমুনা দেয়া হলঃ

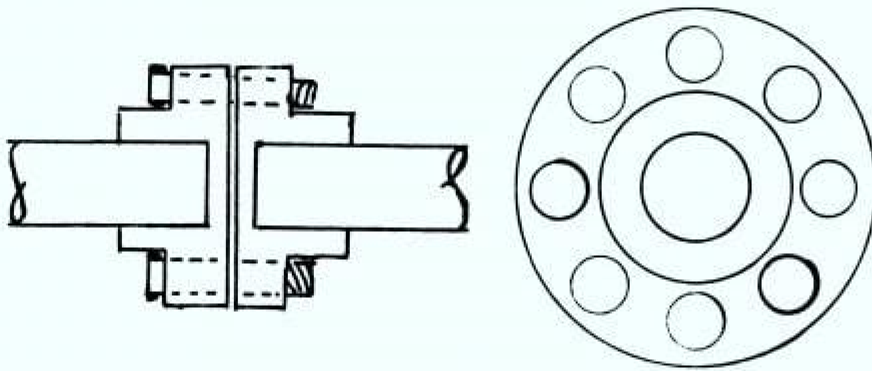
এই ধরনের কঠিন বুস বন্ধনী অতি সাধারণ কাজে ব্যবহার হয় এবং ইহা একটি পুরাতন পদ্ধতি। এই ধরণের কাপলিং'এ টেপার পিন ও তার ছিদ্র ক্ষয়ে



(১) + (৪) সংযোজিত সাফ্টদ্বয় (২) টেপের পিন (৩) বন্ধনী বুশ।

চিত্র নং—২৬, কঠিন বুস বন্ধনী

যেতে পারে। সে ক্ষেত্রে ছিদ্র পরবর্তী সাইজের করে সেই মাপের নূতন পিন লাগাতে হয়।

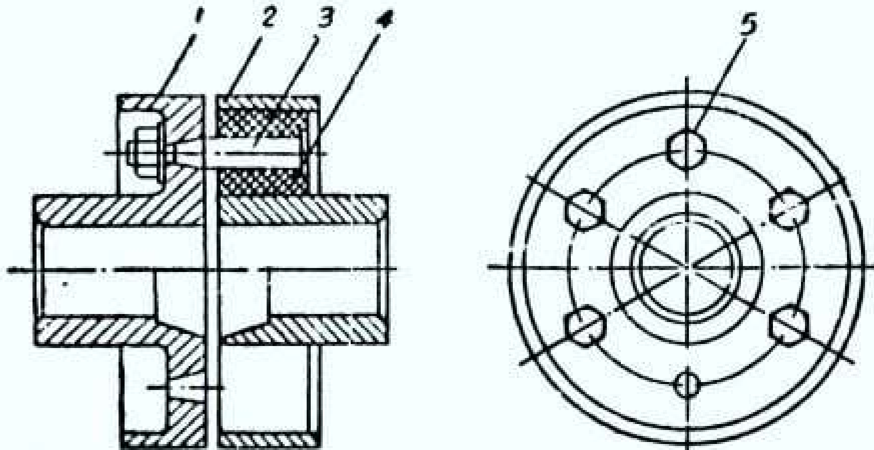


চিত্র নং ২৭ কঠিন ডিসক্ বন্ধনী।

উপরের ছবিটি কঠিন চাক্তি বন্ধনীর। সাধারনতঃ কঠিন বন্ধনী হিসাবে এই ধরনের চাকতি বন্ধনীর ব্যবহারই বেশী। সব বন্ধনীর মত এরও দুটি প্রধান অংশ বা চাকতি আলাদা দুটি সাফটের উপর থাকে যা সরাসরি নাট বোল্ট দ্বারা সংযুক্ত করা হয়। বন্ধনী বলতে এই সবগুলিকে একত্রে বুঝায়। তবে বন্ধনী অর্ধাংশকেও (Coupling half) অনেক সময় সংক্ষেপে বন্ধনী বলে অভিহিত করা হয়ে থাকে।

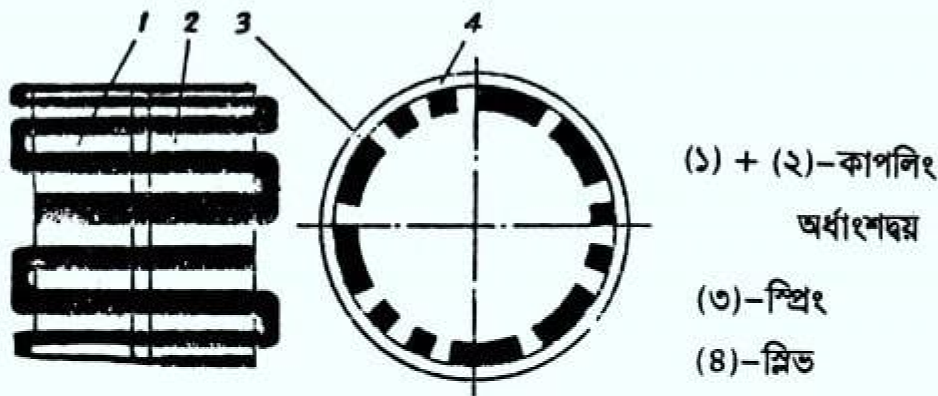
যখন দুটি স্বকীয় (Independent) যন্ত্রের বরাবর দুটি সাফ্‌ট একত্রিকরণ করা হয় তখন সহনীয় বন্ধনীর (Flexible coupling) ব্যবহার অধিকতর যুক্তিসংগত। এই কাপলিং সাফটদ্বয়ের মধ্যে বিরাজিত মিস এলাইনমেন্ট (misalignment), অযাচিত আঘাত এবং টরসনাল শক্তি (Torsional force) সহনীয় করে নেয় এবং মেসিনকে ভাসমান (Floating) অবস্থায় রাখতে সাহায্য করে। এই ধরনের বন্ধনী মটর ও পাম্পের মধ্যে, ইন্টারনাল কম্বাশ্‌সন ইঞ্জিনের সাথে বা গিয়ার রিডিউসারের (gear reducer) সাফ্‌ট প্রান্তে ব্যবহার করা প্রয়োজনীয়। কারণ এ ধরণের মেসিনে নিপুন এলাইনমেন্ট সম্ভব নয়। তাছাড়া মেশিন চলাকালিন সময়ে যন্ত্রকে কিছুটা নড়চড় করার সুবিধা ও ভাসমান থাকার সুযোগ দিতে হয়। নিম্নে কয়েকটি ফ্লেকসিবল কাপলিং'এর নমুনা দেয়া হলঃ

পিন কাপলিং (Pin coupling) ঃ- এই ধরনের কাপলিং'এ রাবার বুশই বেশী নষ্ট হয়। এখানে রাবার বুশ সহনীয় অংশ হিসাবে কাজ করে। কখনও কখনও পিন এবং তার ছিদ্রও ক্ষয় হয়। সে ক্ষেত্রে নূতন রাবার বুশ, নূতন ছিদ্র অনুযায়ী পিন লাগাতে হবে।



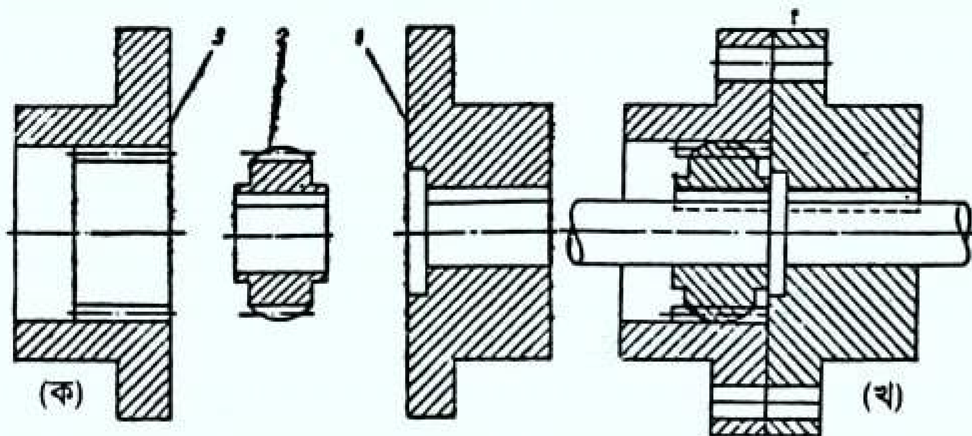
(১) + (২)–কাপলিং অর্ধাংশদ্বয় (৩)–পিন (৪)–রাবার বুস (৫) নাট–বোল্ট

চিত্র নং–২৮, পিন কাপলিং



চিত্র নং–২৯, দাত ও স্প্রিং বসান কাপরিং

দাত ও স্প্রিং বসান কাপলিং (Toothed slots and spring of steel tape coupling) ঃ– এই ধরনের কাপলিং সাফ্‌টের যে কোন দিকের মিসএলাইনমেন্ট গ্রহন করতে পারে। এই বন্ধনীতে স্প্রিং ভাংগার সম্ভাবনা বেশী থাকে। স্প্রিং এর মাধ্যমে শক্তি হস্তান্তর হয় বলে স্প্রিং নিজ গুণে সমন্বয় সাধন করেনেয়।



(১) প্লেইন কাপলিং আধাংশ (২) সংযোগকারী গিয়ার চাকতি (৩) দাতাসহ কাপরিং আধাংশ

চিত্র নং–৩০, স্বয়ং কেন্দ্রীকরণ গিয়ার বন্ধনী

স্বয়ং কেন্দ্রীকরণ সম্পন্ন গিয়ার বন্ধনী (self-aligning gear coupling) ঃ– এই ধরনের কাপলিং সর্বদিকে সামান্য মিসএলাইনমেন্ট গ্রহন করতে পারে এবং সাফ্‌টের অবস্থা অনুসারে সাফ্‌টের অক্ষ রেখা সঠিক করে

নেয়। কাপলিং'এর এক অর্ধাংশ চাকতি এক সাফটের উপর চাবি (key) দ্বারা আবদ্ধ থাকে। বাকী অর্ধাংশের দুটি অংশ থাকে। একটি ডিম্বাকৃতির চাকতির উপরি ভাগে দাঁত কাটা থাকে যা চাবি দ্বারা অন্য সাফ্টে বসান হয়। দ্বিতীয় অংশটি আরেকটি চাকতি (৩) যার ভিতরের দিকে এমন ভাবে দাঁত কাটা থাকে যেন উহা ডিম্বাকৃতির চাকতির দাঁতের মধ্যে সঠিক ভাবে বসে যায়। অতঃপর ১ এবং ৩ নং যন্ত্রাংশকে একসাথে আবদ্ধ করা হয়। এখানে ২,৩ যন্ত্রাংশ ডিম্বাকৃতির দাতের দরুন উভয়ে শক্তি হস্তান্তরের সময় প্রয়োজন মোতাবেক নিজেদের অবস্থান কিছুটা ঠিক করে নিতে পারে। উচ্চ শক্তি হস্তান্তরে এই ধরণের কাপলিং'এর যথেষ্ট ব্যবহার আছে।

খাঁজ–কাটা বন্ধনী (Wedge or jaw coupling)ঃ- এই ধরণের বন্ধনীতে কাপলিং'এর দুই অংশকে নাট বুল্ট দ্বারা আবদ্ধ করতে হয় না, একটি আরেকটির খাঁজে ঢুকে যায়। এই কাপলিং'এর উভয় অংশে খাড়া বা কৌণিক মাপে খাঁজ কাটা হয় যেন একটি আরেকটির মধ্যে প্রবেশ করে বসতে পারে। যেখানে সাফ্টের রেডিয়াল প্লের তেমন গুরুত্ব নাই এবং ঘন ঘন কাপলিংকে আলাদা করা প্রয়োজন পড়ে বা যেখানে কাপলিং'এর নাট বোল্ট খোলা–বাধা মুশকিল সেখানে এই কাপলিং বিশেষ প্রযোজ্য। কোন কোন সময় খাজের মধ্যে রাবার পেড জাতীয় ওয়েজ (wedge) ব্যবহার করা হয়ে থাকে যাহা বন্ধনীর সহনশীলতা আরো বাড়িয়ে দেয়।

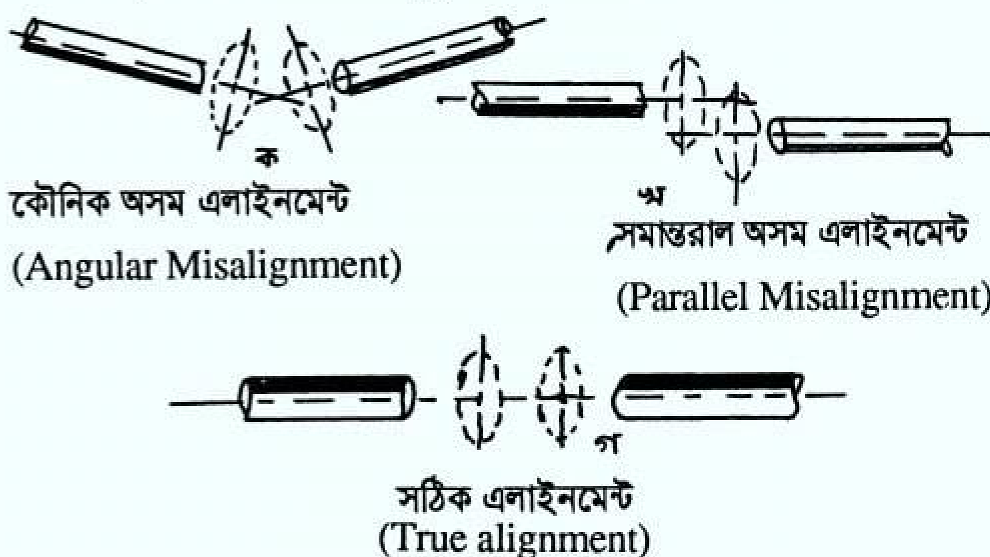
এই সব কাপলিংয়ে খাঁজ ক্ষয় হয়ে বড় হয়ে যায় এবং প্রান্ত সমূহে গোলাকৃতি ধারণ করে। এগুলিকে গ্রাইন্ডিং করে সোজা করা প্রয়োজন হয় এবং হিট ট্রিটমেন্ট করে শক্ত করতে হয়। রাবার পেড থাকলে সেটাও ঘন ঘন ভেংগে যাওয়ার সম্ভবনা থাকে। রাবার পেড ভেঙ্গে গেলে বা বিকৃত হলে নুতন লাগানই শ্রেয়।

এসব ছাড়াও আরও অবেক রকম কাপলিং আছে যা বিশেষ বিশেষ যন্ত্রে বিশেষ প্রয়োজন মোতাবেক ব্যবহৃত হয়ে থাকে; যেমন–ইউনিভার্সাল কাপলিং (Universal coupling), হাইড্রলিক কাপলিং (Hydraulic coupling), ফ্রিক্সন কাপলিং (Friction coupling) সেন্ট্রিফিউগাল ফ্রিকসন কাপলিং (Centrifugal Friction coupling) ইত্যাদি।

এলাইনমেন্ট
(ALIGNMENT)

বরাবর দুটি সাফ্‌টকে বন্ধনী দ্বারা আবদ্ধ করার পূর্বে তাদের প্রান্তদ্বয়কে একই অক্ষরেখায় অবস্থান ও কেন্দ্রীভূত করাকে সমকেন্দ্রিক রেখীকরণ বা এলাইনমেন্ট (Alignment) বলে। একে সমকেন্দ্রীকরণও বলা যেতে পারে। অর্থাৎ দুটি সাফ্‌টকে এমনভাবে বরাবর করতে হবে যেন তাদের অক্ষরেখা এক হয় এবং তাদের প্রান্তদ্বয়ের বৃত্তের কেন্দ্রবিন্দু একই অক্ষরেখায় অবস্থান করে। বাস্তব ক্ষেত্রে সম্পূর্ণ এক করা হয়ত সম্ভব হয়ে উঠে না। তাই যতটা কাছা-কাছি করা যায় তত ভাল এলাইনমেন্ট হয়েছে বলতে হবে। আবার কোন কোন ক্ষেত্রে ইচ্ছাকৃত ভাবে একটি থেকে অন্য সাফ্‌টকে সামান্য উপরে বা নীচে রাখা হয়।

বরাবর দুটি সাফ্‌ট দুই ভাবে কেন্দ্রচ্যুত হতে পারে। যথা কৌণিকভাবে এবং সমান্তরাল ভাবে। যদি কৌণিক ভবে অসমান থাকে তবে তাকে অসম কৌনিক কেন্দ্রচ্যুত (Angular misalignment) বলা হয়। আর যদি সমান্তরাল ভাবে অসমান থাকে তবে তাকে অসমান্তরাল কেন্দ্রচ্যুত (Parallel misalignment) বলা হয়। এই ত্রুটি সমূহ চতুর্দিকে অর্থাৎ ৩৬০°'র যে কোন দিকে অবস্থান করতে পারে। নিম্নে দুটি নকসার সাহায্যে তাহা দেখান হলঃ



চিত্র নং—৩১, এলাইমেন্ট সম্পর্কিত তিনটি উদাহরণ নকশা।

ক– চিত্রের ন্যায় সমকেন্দ্রীভূত করাকে অসম কৌণিক সমকেন্দ্রীকরণ বলা হয়; খ চিত্রের ন্যায় অসমান্তরাল ত্রুটিকে কেন্দ্রীভূত করাকে অসমান্তরাল সমকেন্দ্রীকরণ বলে। এইরূপ ত্রুটিসমূহ সাফ্‌টের উপরের দিকে, নীচের দিকে, সামনে পিছনে এবং ডানে বায়ে যে কোন দিকে বা যে কোন অবস্থানে হতে পারে। অর্থাৎ সাফ্‌টের প্রান্তে যে কেন্দ্র থাকে তার ৩৬০ ডিগ্রীর যে কোন ডিগ্রী বরাবর হতে পারে। সহজ ভাবে বলা যায় যে এই ত্রুটি Vertical plane বা Horizontal plane অথবা উভয় Plane বা সমতলে হতে পারে। সুতরাং এলাইনমেন্ট করার সময় এই দুই সমতলে কৌণিক এবং সমান্তরাল যে ত্রুটি থাকবে তাকে সমকেন্দ্রীকরণের মাধ্যমে একই অক্ষরেখা বরাবর সমকেন্দ্রে নিয়ে আসতে হবে। অতঃপর দুটি সাফ্‌টের অবস্থা দাড়াবে গ– চিত্রের সঠিক সমকেন্দ্রিক রেখীকরণ (True alignment) অবস্থানের মত।

এলাইনমেন্ট বা সমকেন্দ্রিক রেখীকরণ পদ্ধতি ঃ –

এই কার্য্য সম্পাদনের নিমিত্তে সাফটের চতুর্দিকের চারটি স্থানে কৌনিক এবং সমান্তরাল বৈষম্য মাপা হয় যথা 0°, ৯০°, ১৮০°, ২৭০° বরাবর। এবং সাফ্‌টের সামনের বা পিছনের দিক উঠানামা করে সঠিক অবস্থানে আনা হয়। সাধারণত দুই পদ্ধতিতে এলাইনমেন্ট কার্য্য সম্পন্ন করা হয়ে থাকে। প্রথমটি হল ষ্ট্রেট এজ এবং থিকনেস গেজ পদ্ধতি (Straightedge and thickness gauge method), দ্বিতীয়টি হল ডায়াল ইনডিকেটর পদ্ধতি (Dial indicator method)। পদ্ধতি যাই হউক না কেন উপরে বর্ণিত ত্রুটি সমূহ সমকেন্দ্রীকরণই আসল উদ্দেশ্য এবং তা একই ধারায় সম্পন্ন করা হয়। প্রথম পদ্ধতিটি সাধারণ এলাইনমেন্ট, বিশেষ করে যেখানে ফ্লেক্সিবল কাপলিং ব্যবহার হয়ে থাকে সেখানে গ্রহনযোগ্য। যেখানে নিপুন এলাইনমেন্টের প্রয়োজন, বিশেষ করে বড় বড় দামী যন্ত্রপাতিতে, উচ্চ গতির বা সূক্ষ্ম ধরনের যন্ত্র পাতিতে দ্বিতীয় পদ্ধতি গ্রহন করা হয়ে থকে।

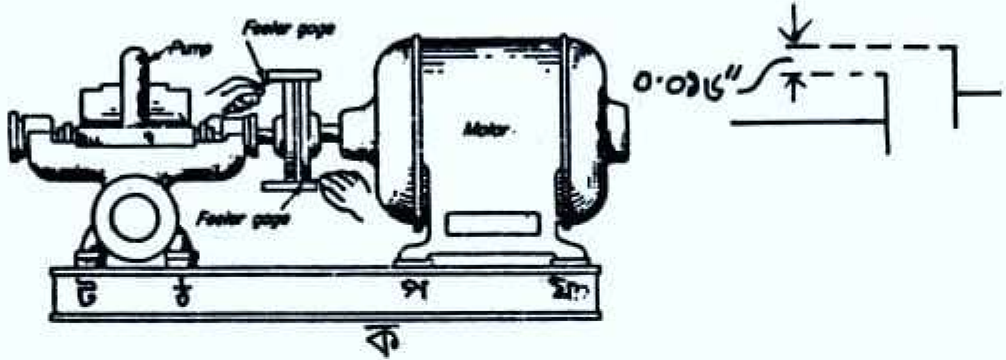
ধরা যাক একটি পাম্প এবং মোটরকে ষ্ট্রেট এজ এবং থিকনেস পদ্ধতিতে এলাইনমেন্ট করা হবে। নিম্নলিখিত ধাপ সমূহের মাধ্যমে তাহা সম্পন্ন করতে হবেঃ

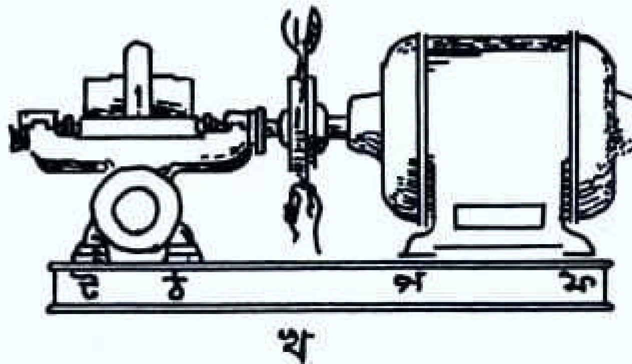
প্রথমে পাম্পটিকে তার অবস্থানে সঠিক ভাবে বসিয়ে নিতে হবে। উহার লেবেল ঠিক আছে কিনা লেবেল গেজ (Lebel gauge) দ্বারা পরীক্ষা করে

দেখতে হবে। পার্থক্য থাকলে সিম (Shim) দিয়ে তাহা ঠিক লেবেলে আনতে হবে। অতঃপর বোল্টগুলি নিয়মমাফিক ভালভাবে বেডের সাথে টাইট করে দিতে হবে। এখন মোটরটিকেও সেইভাবে বেডের উপর সঠিক অবস্থানে বসাতে হবে। মোটরের সাফ্‌টকে যতটা সম্ভব পাম্পের সফ্‌টের বরাবর করে বসাতে হবে। পাম্পের সাফ্‌ট এবং মটরের সাফ্‌টের প্রান্তদ্বয়ের মধ্যবর্তী স্থানে সামান্য ফাঁক থাকবে যেন চালু অবস্থায় তাপে সাফ্‌ট বর্দ্ধিত হতে অসুবিধা না হয়। কাপলিং'এর আকার ও গতির কারণেও এই ফাঁক কম বেশী রাখা হয়। এই ফাঁকটুকু মাপ নেয়ার কাজে সাহায্য করে। আর যদি উভয় কাপলিং'এর মধ্যে ফাঁক না থাকে বা খুব কম থাকে তবে উভয় সাফ্‌টকে পিছনের দিকে ঠেলে ফাঁক সৃষ্টি করতে হবে এবং তাহা কোন কলার বা পিন দ্বারা অথবা এক টুকরা রাবার পেড দ্বারা আবদ্ধ করে রাখতে হবে।

এলাইনমেন্ট করার সময় কোন্ অংশকে উঠানামা করে সমপর্য্যায়ে আনতে হবে তাহাও একটি বিবেচ্য বিষয়। যন্ত্রের যে অংশকে নাড়া চাড়া করা সহজ এবং যার সাথে বাইরের কোন পাইপ বা যন্ত্রাংশ মিলিত থাকে না তাকে উঠা নামা করানই সুবিধাজনক। দেখা যায় যে সাধারনতঃ যে চালক যন্ত্রটিকে (driving machine) সমন্বয় করা হয় এবং চালিত যন্ত্রটিকে (driven machine) আগে থেকে সংযুক্ত অংশগুলি সহ সঠিকভাবে রাখা হয়। পাম্প এবং মোটরের বেলায়ও আমরা মটরকে উঠানামা করব বা এডজাস্টিং বোল্টের সাহায্যে সামনে পিছনে নিব। প্রথম অবস্থায় মোটরের সাফ্‌টকে পাম্পের সাফ্‌ট থেকে সিমের সাহায্যে যৎসামান্য উপরে রেখে বসাব এবং প্রয়োজন অনুসারে মটরের নীচ হতে একটি দুটি করে সিম সরিয়ে নেব। চূড়ান্ত এলাইনমেন্ট পর্য্যায়ে যে কোন অংশের নীচ হতে সিম যোগ বা বিয়োগ করতে হতে পারে এবং সামনে পিছনে সরানোর প্রয়োজন হতে পারে। যত বারই সিম সরান হউক না কেন প্রত্যক বার মাপ নেয়ার আগে যন্ত্র দুটিকে সঠিক অবস্থানে টাইট করে বসাতে হবে এবং বেস প্লেটের চতুর্দিকের নাট বোল্ট ভালভাবে টাইট হয়েছে কিনা পরীক্ষা করে দেখতে হবে। এলাইনমেন্ট করার আগে আরো একটি বিষয় পরীক্ষা করে দেখতে হবে। সেটা হল কাপলিং সঠিক বৃত্তাকারের কিনা এবং সাফ্‌টের উপর ঠিক লম্বালম্বিভাবে বসান আছে কিনা। ডায়াল ইন্ডিকেটর এবং রাইট এঙ্গেল দ্বারা তা পরীক্ষা করে দেখা যায়। তবে ধরে নেয়া যায় যে যেহেতু কাপলিং কারখানা থেকেই প্রস্তুতকারক যথাযথভাবে মেপে বসান অবস্থায় প্রেরন করে, সে

জন্য এর মধ্যে ত্রুটির সম্ভাবনা অত্যন্ত কম। তবে সুবিধা থাকলে ইহা পরীক্ষা করে দেখা ভাল। যখন একটি যন্ত্র পূর্ব থেকেই বসান থাকে এবং আগেও চলেছে, তখন তার এলাইনমেন্ট করা অনেকটা সহজ। অর্থাৎ প্রয়োজনের খাতিরে পুনরায় এলাইনমেন্ট করা বা এলাইনমেন্ট সঠিক আছে কিনা পরীক্ষা করে দেখা সহজ। সে অবস্থায় যন্ত্রের বন্ধনী খুলে নিয়ে এলাইনমেন্ট দেখতে হবে। যন্ত্রের নাট–বোল্ট বা ডায়াল পিন খুলার দরকার নাই। তবে যন্ত্র ফাউন্ডেসনে যথাযথ টাইট আছে কিনা দেখতে হবে। যদি পরীক্ষা করে দেখা যায় যে শুধু সমান্তরাল এলাইনমেন্ট বৈষম্য আছে তবে নীচের বোল্ট লুজ দিয়ে সিম পরিবর্তন করে সঠিক করতে হবে। আর যদি কৌনিক বৈষম্যও থাকে তাহলে যন্ত্রের ডাওয়েল পিনও খুলে নিতে হবে এবং যন্ত্রকে সামনে পিছনে ও ডানে বায়ে সরিয়ে সঠিক মাপে আনতে হবে। এলাইনমেন্ট সঠিক হয়ে গেলে পুনরায় নুতন করে ডাওয়েল পিন বসাতে হবে।





চিত্র নং—৩২, স্ট্রেট এজ এবং থিকনেস পদ্ধতিতে এলাইনমেন্ট

যন্ত্র সংস্থাপন অধ্যায়ে এ বিষয়ে লেখা হয়েছে। পুনরায় স্ট্রেট এজ এবং থিকনেস পদ্ধতির কথায় আসা যাক। এই পদ্ধতিতে মাপ নেয়ার জন্য একটি স্টেট এজ এবং এক সেট থিকনেস গেজ বা ওয়েজ লাগবে। স্ট্রেট এজের পরিবর্তে অত্যন্ত সরল এবং মসৃণ ধার সহ কোন কাঠি বা রুলার স্কেল এবং থিকনেস গেজের পরিবর্তে ফিলার গেজ ব্যবহার করা চলে।

ধরা যাক যন্ত্রদ্বয় কাপলিং সহ৩২ নং চিত্রের ন্যায় স্থাপিত আছে।

এখন ক চিত্রের ন্যায় প্রথমে বন্ধনী দুটির উপরের অংশে সোজা করে স্ট্রেট এজ বসাতে হবে। যে কোন বন্ধনী নীচে থাকলে তাহা স্ট্রেট এজ স্পর্শ না করে সামন্য ফাঁক অবস্থায় থাকবে। সেই ফাঁক অংশের থিকনেস বা পুরুত্ব কত তাহা ফিলার গেজ ঢুকিয়ে মেপে নিতে হবে। যদি দেখা যায় যে মোটরের কাপলিং ০·০১৬" বা ০·৪০ মিঃমিঃ উপরে আছে তাহলে মটর বেডের নীচ হতে ·০১৬ ইঞ্চি বা ০·৪০ মিলিমিটার সমান পুরত্বের সিম সরিয়ে নিতে হবে। আর যদি মোটরের কাপলিং বা চাক্তি নীচে থাকে তবে একই ভাবে গৃহিত মাপের সমান পরিমান পুরত্বের সিম আগের সিমের সাথে যোগ করতে হবে। এভাবে বন্ধনীর চতুর্দিকে ৯০ ডিগ্রী অন্তর অন্তর অর্থাৎ ঘড়ির কাটার ৩ টা, ৬ টা, ৯ টা এবং ১২ টা বা ০ মাপ নিয়ে সমান্তরাল বৈষম্য দূর করতে হবে। ৩ টা, বা ৯ টার বরাবর স্ট্রেট এজ বসিয়ে মাপ নিলে যদি ফাঁক পাওয়া যায় তাহলে মোটরকে ডানে বা বায়ে সমান ভাবে সরিয়ে নিতে হবে। এমনি করে বন্ধনীর সমান্তরাল বৈষম্য সঠিক করতেহবে।

এবারে কৌণিক বৈষম্য কিভাবে সঠিক করতে হয় তাহা বর্ননা করা যাক। ধরা যাক কাপলিংদ্বয় খ– চিত্রের ন্যায় কৌণিক ত্রুটি সহ অবস্থান করছে।

এখানে দেখা যাচ্ছে যে সাফ্‌ট দুটি একই অক্ষ রেখায় না থেকে একটা কোণ সৃষ্টি করে অবস্থান করাতে বন্ধনীদ্বয় অনেকটা 'V' অক্ষরের মত উপরের দিকে বেশী ফাঁক অবস্থায় আছে। অনুরুপভাবে এই ফাঁক নীচে বা সামনে বা পিছনে অর্থাৎ ৩৬০ ডিগ্রীর যে কোন অবস্থানে বেশী হতে পারে। আমরা মোট চারটি স্থানে (১২ টা, ৩ টা, ৬ টা, ৯ টা ১২ বা ০° তে) মাপ নিব এবং বিপরীত দিকের সাথে কতটা পার্থক্য আছে তাহা নির্ণয় করব। এই মাপ নেয়ার পদ্ধতি হল ফাক অংশের ভিতরে থিকনেস গেজ অথবা থিকনেস ওয়েজ ঢুকিয়ে পরিমাপ করতে হবে কতটা ফাঁক আছে। থিকনেস গেজের পরিবর্তে ফিলার গেজের

সাহায্যে মাপ নিলেও চলে এবং সাধারনতঃ ফিলার গেজ দিয়েই অধিকজন মাপ নিয়ে থাকে। ধরা যাক উপরের ফাঁক হল ০·০২৮" বা ০·৭০ মিঃমিঃ। এবং নীচের ফাঁকটুকুর পরিমান ·০১২" বা ০·৩০ মিঃমিঃ। সুতরাং ফাঁকের পার্থক্য হল ০·০১৬" ইঞ্চি বা ০·৪০ মিঃমিঃ। মনে করি বন্ধনীর ব্যাস ১২"। অতএব ১২" ইঞ্চির জন্য পার্থক্য এসেছে ০·০১৬"। যদি বন্ধনীর ব্যাস মাপে বড় হত তাহলে এই পার্থক্যের পরিমান আরো বেশী হত। দেখা যাচ্ছে যে বন্ধনীর ব্যাসের সাথে এর সর্ম্পক আছে। এখানে অন্য কথায় বলা যায় যে এই কৌণিক বৈষম্যের হার হল $\frac{\cdot০১৬"}{১২"}$ ইঞ্চি। এই বৈষম্য দূর করতে হলে মোটরের সাফ্‌টের পিছন দিক উপরে তুলতে হবে অথবা সামনের দিক নামাতে হবে। অর্থাৎ সাফ্‌টকে আড়াআড়িভাবে উঠা নামা করতে হবে। এই ক্ষেত্রে সামনের দিক নীচে নামালে হয়ত কৌনিক বৈষম্য দুর হবে কিন্তু বন্ধনী নীচে নেমে গিয়ে সমান্তরাল বৈষম্য সৃষ্টি করবে। যেহেতু এখন কোন সমান্তরাল বৈষম্য নাই আমরা ধরে নিয়েছি। যদি মটরের পিছনের দিকের বেজে সিম দিয়ে সাফ্‌টকে উপরে তোলা হয় তাহলে ইহা মোটরের সামনের পায়ের উপর ভর করে বন্ধনী সামনের দিকে ঝুঁকে যাবে এবং কৌণিক বৈষম্য দূর করে দিবে। অতএব আমরা মটরের পিছনের দিকে সিম দিব। এখন কি পরিমান সিম দিব তাহাও বিবেচ্য বিষয়। ধরা যাক মটরের বেডের দৈর্ঘ্য ৪৮" ইঞ্চি অর্থাৎ 'প' হতে 'ফ' বিন্দুর দূরত্ব ৪৮"। সুতরাং ·০১৬" বৈষম্য দুর করার জন্য আমাদেরকে 'ফ' বিন্দুতে $\frac{\cdot০১৬}{১২} \times ৪৮ = \cdot০৬৪"$পুরুত্বের সিম দিতে হবে। অর্থাৎ বন্ধনী ব্যাসের তুলনায় বেডের দৈর্ঘ্য যত গুন বেশী, সিমের পুরুত্ব বৈষম্যের পার্থক্যের তত গুণ পরিমাণ হবে। যদি এই ফাঁক নীচের দিকে বেশী হত তাহলে মোটরের পিছন দিক হতে সিম সরিয়ে নিতে হত। যদি এই ফাক ডানে বা বায়ে যথাযথ সামনে বা পিছনের দিকে কম বেশী হত সে ক্ষেত্রে মটরের পিছনের অংশকে সামনে পিছনে সরিয়ে ঐ কৌণিক বৈষম্য দূর করতে হত।

৩৩ নং চিত্রে সম্ভব্য কয়েকটি বৈষম্যের প্রকারভেদ রেখা চিত্র দ্বারা প্রকাশ করা হল। নীচে বর্ণিত চিত্রে কৌণিক ত্রুটি ধরা যাক যথাক্রমে (১)

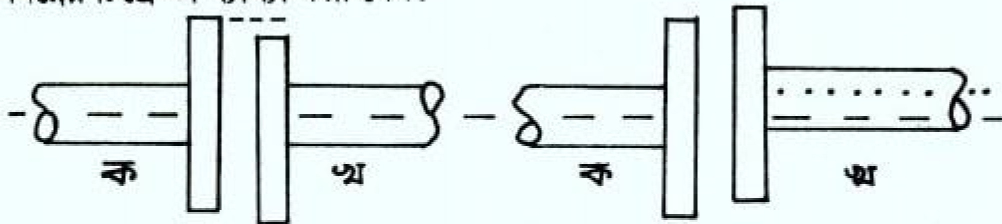


চিত্র নং—৩৩, এলাইনমেন্টের বৈষম্যের প্রকারভেদ

এবং (২) নং চিত্রের মত ছিল। অর্থাৎ পাম্পের কাপলিং অংশ সঠিকভাবে খাড়া ছিল অথবা বলা যায় যে পাম্প ট–ঠ পায়ের উপর সমান লেবেলে দাড়িয়ে আছে। মটর একবার 'প' বিন্দুতে উপরে ছিল, দ্বিতীয়বার 'ফ' পায়ের দিকে উপরে ছিল।

যদি ক্রুটির নমুনা ৩৩ নং চিত্রের (১) বা (২) এর মত না হয়ে(৩) বা (৪) মত হয় সে ক্ষেত্রে মোটর ও পাম্পের উভয়ের সিমের সামঞ্জস্য করতে হবে। আর যদি ক্রুটির নমুনা (৫) বা (৬) এর মত হয় তা হলে পাম্পের সামনে পিছনে উভয় স্থানে সিম পরিবর্তন করে প্রয়োজন মাফিক পাম্পকে উপরে নীচে করতে হবে, সাথে সাথে সামনের বা পিছনের সিমের পুরুত্ব কম বেশী করে কৌণিক বৈষম্যকেও আয়ত্বে আনতে হবে। কোন কোন সময় সামঞ্জস্য বিধানের জন্য মোটর এবং পাম্প উভয়ের সিমের পরিবর্তন দরকার হয়ে পড়ে। মোট কথা হল বন্ধনীদ্বয়কে সঠিক এ্যালাইনমেন্টে আনার জন্য যেখানে যতটা সিমের দরকার তা দিয়ে এলাইনমেন্ট করতে হবে এবং সাথে সাথে মেসিনদ্বয়ের লেবেলিংও সঠিক রাখতে হবে। এ কার্য্য সমাধা করতে গিয়ে হিসাব নিকাশের যদিও প্রয়োজন আছে কিন্তু বাস্তব ক্ষত্রে অতটা কার্য্যকর হয় না। ফলে ভুল এবং প্রচেষ্টার (Trial and Error) মাধ্যমে কয়েক বার সমকেন্দ্রীকরণ করার পর অভীষ্ট লক্ষ্যে পৌছা যায়।

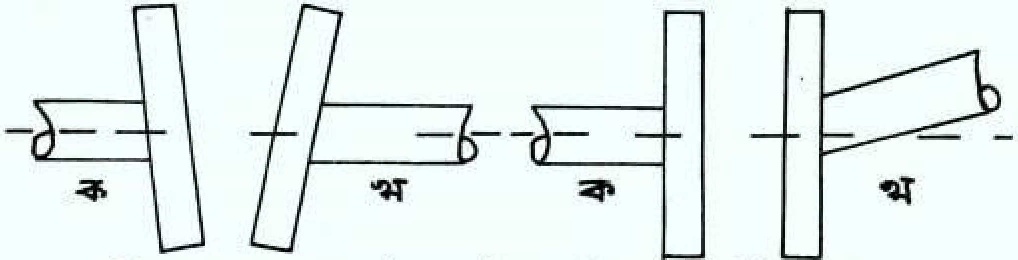
এই ধরনের সমকেন্দ্রীকরণ কম গুরুত্বের যন্ত্র, ছোট বা মাঝারী আকারের যন্ত্রে প্রয়োগ করা হয়ে থাকে। আরো এক ধাপ এগিয়ে আরো ভাল এলাইনমেন্ট করা যেতে পারে। উপরে বর্নিত পদ্ধতিতে যদি কাপলিং'এ ক্রুটি থাকে তাহলে সেই ক্রুটি এলাইনমেন্টেও এসে যায়। যেমন ধরা যাক যে দুটি কাপলিং'এর মধ্যে তৈরীর সময় সম্পূর্ন বৃত্তাকারের হয়নি বা পরে কোন আঘাতে উপরের আবরনে অতি সামান্য টেপ খেয়ে গেছে যা খালি চোখে ধরা পড়ে না। সে ক্ষেত্রে কি দাড়ায় নিম্নের চিত্রে তা ব্যাখ্যা করা গেলঃ



চিত্র নং–৩৪, এলাইন্টমেন্টে অসম বৃত্তাকার কাপলিং'এর প্রভাব

চিত্রে দেখা যাচ্ছে যে সাফ্‌টদ্বয়ের অক্ষরেখা একই আছে কিন্তু 'খ' বন্ধনীর ক্রুটির জন্য দুই বন্ধনীর মধ্যে সমান্তরাল পার্থক্য পাওয়া যাচ্ছে। এটাকে সমান করার জন্য আমরা 'খ' সাফটকে উপরে তুলে দিয়েছি। কিন্তু ইহা বাঞ্ছনীয় নয়।

আবার ধরা যাক যে একটি বন্ধনী সাফ্‌টের উপরে বসানোর সময় একটু টেরা হয়ে ছিল। অর্থাৎ সামান্য কৌনিক অবস্থায় ছিল যাহা চোখে ধরা পড়ে না। সে ক্ষেত্রে কি দাড়ায় তা নিম্নের চিত্রে ব্যাখ্যা করা হলঃ

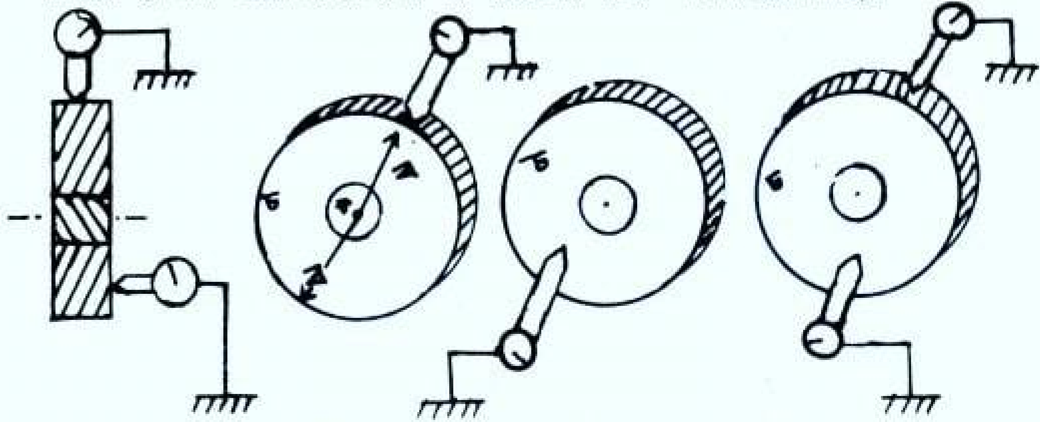


চিত্র নং—৩৫, এলাইনমেন্টে কাপলিং'এর কৌণিক প্রভাব।

চিত্রে দেখা যাচ্ছে যে সাফ্‌টদ্বয়ের অক্ষরেখা একই আছে কিন্তু 'খ' বন্ধনীর ত্রুটির জন্য দুই বন্ধনীর মধ্যে কৌনিক বৈষম্য সৃষ্টি হয়ে আছে। এটাকে সঠিক করার জন্য আমরা 'খ' সাফ্‌টের পিছনের দিক সিম দিয়ে উপরে তুলে দিয়েছি। ফলে সাফ্‌টদ্বয় আর এক অক্ষ রেখায় অবস্থান না করে কৌণিক ভাবে অবস্থান করছে যা হওয়া উচিৎ নয়। এলাইনমেন্ট বা সমকেন্দ্রিক রেখীকরণে আমাদের প্রধান উদ্দেশ্য হল সাফ্‌টদ্বয় একই অক্ষ রেখায় রাখা। কিন্তু বন্ধনীর ত্রুটির জন্য আমরা যা মাপ পাচ্ছি সে অনুসারে আমরা ত্রুটিপূর্ন এলাইনমেন্ট করে ফেলেছি। এইরূপ ত্রুটি হতে অব্যাহতি পাওয়ার জন্য আমরা পূর্বের পদ্ধতির মত মাপ না নিয়ে সাফ্‌টদ্বয়কে একসাথে ৯০° পরিমাণ করে ঘুরিয়ে ঘুরিয়ে ৩, ৬, ৯ এবং ১২ টায় সুমান্তরাল ও কৌনিক অবস্থানের পরিমাপ নিয়ে এবং সে অনুসারে এলাইনমেন্ট যদি করি তাহলে অধিকতর ফলপ্রসূ হবে। এই ক্ষেত্রে আমরা সাফ্‌টদ্বয় ঘুর্ণায়মান অবস্থানে যে পার্থক্য সৃষ্টি করতে পারে তার পরিমাপ করছি এবং সে অনুসারে সমকেন্দ্রীকরণ করছি, যাতে তাদের অক্ষ রেখা এক থাকে।

ডায়াল ইনডিকেটর দিয়ে এলাইনমেন্ট আরো সুক্ষভাবে করা যায়। গুরুত্বপূর্ন যন্ত্র ইনডিকেটর পদ্ধতিতেই এলাইনমেন্ট করা হয়। এই পদ্ধতিতে সাধারনতঃ দুটি ডায়াল ইনডিকেটর দিয়ে মাপা হয়। তবে একটি দিয়েও করা যায়। আবার একবারে বেশী রিডিংস নেয়ার জন্য ৩টা বা চারটা ইনডিকেটরও ব্যবহার করা যেতে পারে। ডায়াল ইনডিকেটর দিয়ে বন্ধনীর অবস্থান সঠিক আছে কিনা তাহা পরীক্ষা করে নেয়া ভাল। অর্থাৎ বন্ধনীটি সঠিক বৃত্তকারের কিনা এবং সাফ্‌টে পুর্ন খাড়াভাবে বসান হয়েছে কিনা তাহা দেখা দরকার। ইহা কিভাবে করা হয় তাহা বলার আগে ইনডিকেটর দ্বারা কি ভাবে ত্রুটি বৈষম্য ধরা পড়ে সে সম্পর্কে বলছি। ধরা যাক 'চ' একটি চাকতি এবং ইহার কেন্দ্র বিন্দু 'ক' ও

ব্যাসার্ধের পরিমাণ 'ব'। এখন একটি ডায়াল ইন্ডিকেটরকে কোন স্থবির অংশে বসিয়ে ইন্ডিকেটরের মাথা চাকতির বাহিরের গায়ে স্পর্শ করে বসাই:



চিত্র নং—৩৬, কাপলিং বা কোন চাকতির গোলাকৃতি এবং সঠিকতা পরীক্ষা পদ্ধতি।

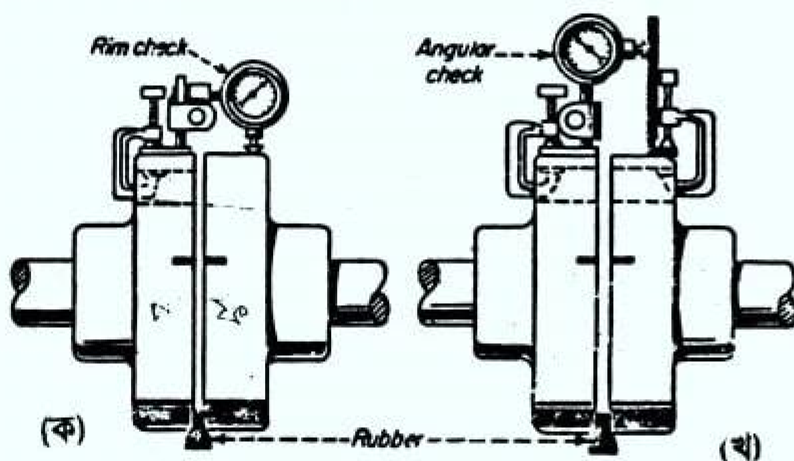
ইনডিকেটরের রিডিং 0° তে মিলিয়ে নেই অথবা ডায়ালে কত রিডিং আছে তাহা লিখে রাখি। এবারে চাকতিটিকে আস্তে আস্তে ঘুরাতে থাকি, যদি চাকতিটি সত্যিকারভাবে গোলাকার থাকে তবে প্রত্যেক স্থানের ব্যাসার্ধই 'ব' পরিমান হবে এবং 'ক' হতে ইনডিকেটরের মাথা পর্যন্ত দূরত্ব সমান থাকবে। অর্থাৎ চাকতিটিকে ৩৬০° পরিমান ঘুরাবার সময় দেখা যাবে যে ডায়ালে রিডিং ০° বা প্রথম রিডিংই আছে। এই ভাবে চাকতির তথা বন্ধনীর গোলাকার আকৃতি (Circular truness) পরীক্ষা করা হয়। যদি চাকতি বৃত্তাকার না থাকে বা কোথাও খানিকটা চাপা থাকে তবে চাকতিটি ৩৬০° বা এক পাক ঘুরে আসার সময় বিভিন্ন পরিমানের রিডিং দেখা যাবে। তার মধ্যে একটা রিডিং সবচেয়ে কম অন্যটি সবচেয়ে বেশী হবে। মনে করি রিডিং গুলি ০, ০০৩", ০০৭", ০০৪" বা ০ এড্‌জাষ্টমেন্ট ব্যতিরেকে '০৪২", '০৪৫", '০৪৯", '০৪৭"। দেখা যাচ্ছে এখানে বৃহত্তম পার্থক্য হচ্ছে '০০৭ − ০ = '০০৭" বা '০৪৯ − '০৪২ = '০০৭"। এই পার্থক্য চাকতিটির ব্যাস ব্যাপিয়া অর্থাৎ ব্যাসের (diameter) এক মাথা হতে অন্য মাথা পর্যন্ত হতে পারে। যদি এই বৃহত্তম পার্থক্য ব্যাসের দুই বিপরীত বিন্দুতে হয়, তাহলে কেন্দ্র হতে চাকতিটির অসমবৃত্তাকারের পার্থক্য হল '০০৭ ÷ ২ = '০০৩৫ ইঞ্চি (ব্যাস ÷ ২ = ব্যাসার্ধ্য)। চাকতিটির কেন্দ্রে কোন দন্ড বসিয়ে যদি ঘুরান হয় তাহলে একই ফল পাওয়া যাবে। দন্ড কেন্দ্রে বসানোর সময় যদি ঠিক 'ক' কেন্দ্রে না বসে একটু সরে বসে, আর এখন যদি আমরা চাকতিটি ঘুরিয়ে রিডিং নেই তাহলে অবশ্যই ব্যাসের এক বিন্দুতে যা

মাপ পাব দন্ডটি সরে বসায় বিপরীত বিন্দুতে বৃহত্তম পার্থক্য জনিত মাপ পাব। অন্য কথায় বলা যায় যে ৩৬০° পরিমান ঘুরানোর ফলে বৃহত্তম যে পার্থক্য পাব তার অর্ধেক কেন্দ্রচ্যুতি হয়েছে। চাকতি ঘুর্ণনের সময় এই কেন্দ্রচ্যুতির পরিমাপকে উহার রান আউট (Run out) বা রেডিয়াল রান আউট দোষ হিসাবে পরিগনিত করা হয়।

এইবার ডায়াল ইনডিকেটরের মাথা চাকতিটির ভিতরের গায়ের প্রান্তে অর্থাৎ খাড়া দিকের (face' এর) শেষ প্রান্তের কোন এক স্থানে স্পর্শ করিয়ে বসিয়ে দেই (২ নং চিত্রের মত) এবং রিডিং ০° তে মিলিয়ে নেই বা যা রিডিং আছে তাহা লিখে রাখি। এবার চাকতিটিকে এক পাক ঘুরিয়ে ৯০° , ১৮০°, ২৭০° ও ৩৬০° তে ইনডিকেটরে মাপ দেখি। যদি চাকতিটি 'ক'কে কেন্দ্র করে সঠিক ভাবে খাড়া অবস্থায় থাকে এবং খাড়া তলটি সত্যিকারভাবে সমান হয় তাহলে ডায়াল ইনডিকেটরে একই রিডিং পাব, আর তা না হলে চার রকমের রিডিং পাব। সে ক্ষেত্রে রিডিং এর বৃহত্তম পার্থক্যের অর্ধেক হবে চাকতিটির কৌণিক ঘূর্নয়মান ক্রটি। আবার চাকতিটি যদি কোন দন্ডে বসান থাকে এবং বসাবার সময় লম্বালম্বি না হয়ে সামান্য টেরা হয়ে বসে থাকে তখনও রিডিং'এর পার্থক্য পাব। এইরূপ কৌণিক পার্থক্যকে এঙ্গুলার রান আউট (Angular run out) বলা যেতে পারে। কোন এলাইনমেন্ট করার আগে বন্ধনীদ্বয়কে এইরূপে আলাদাভাবে রান আউট ক্রটি আছে কিনা দেখে নিতে হবে। যদি এই রকম ক্রটি বেশী দেখা যায় ('০০৫" উর্দ্ধে) তাহলে কাপলিংকে প্রয়োজনমত মেসিনিং করে সঠিক ভাবে পুনরায় বসাতে হবে। কিন্তু এমনটা খুব কমই হয়ে থাকে। কারন প্রস্তুতকারী বিশেষ যত্ন সহকারে এ কাজ সমাধা করে ঠিক ভাবে কাপলিং বসিয়ে থাকে। তবে সামান্য গ্রহনযোগ্য পার্থক্য থাকতে পারে যথা '০০১"-'০০৩" পর্যন্ত। যদি এই পার্থক্য '০০৩"হতে'০০৪" হয় তবে এলাইনমেন্ট রিডিং এর সময় ইহাকে প্রতিস্থানের হিসাবের সাথে প্রকৃতি অনুসারে যোগ বা বিয়োগ করে নেয়া ভাল। যন্ত্রের সমকেন্দ্রীকরণের পর বন্ধনীদ্বয় যখন আবদ্ধ করে ফেলা হয় তখনও আবদ্ধ অবস্থায় রান আউট রিডিং নিয়ে দেখতে হয়।

যদি কোন যন্ত্র প্রথম বারের মত স্থাপন করা হয় তখন উপরে বর্ণিত পদ্ধতিতে বন্ধনীদ্বয়ের রান আউট পরীক্ষা করে নিতে হয়। যন্ত্র সংরক্ষণের প্রয়োজনে যখন পুনরায় এলাইনমেন্ট করা হয় তখন এই পরীক্ষা না করলেও চলে। তবে সন্দেহ থাকলে করে নেয়া ভাল।

যন্ত্রকে ডায়াল ইনডিকেটর পদ্ধতিতে এলাইনমেন্ট করা অনেকটা স্ট্রেট এজ এবং থিকনেস পদ্ধতির অনুরূপ। পার্থক্য হল এই যে এখানে সমান্তরাল এবং কৌণিক উভয় রিডিংই ডায়াল ইনডিকেটরের সাহায্যে নেয়া হয়। এই পদ্ধতিতে ডায়াল ইনডিকেটরের স্ট্যান্ড যে কোন একটি বন্ধনীর অর্ধাংশের সাথে সংযুক্ত করে ডায়াল ইনডিকেটরের মাথা বন্ধনীর অপর অর্ধাংশের উপর স্পর্শ করে বসাতে হবে। কারণ আমরা বন্ধনীর একটি অর্ধাংশ তথা ঐ সাফ্‌টের সাথে তুলনামূলক ভাবে অন্য বন্ধনীর অর্ধাংশ তথা সাফটের বৈষম্য নির্নয় করতে চাই এবং তা করতে হলে বন্ধনীর উভয় অংশ ডায়াল ইনডিকেটর সহ একত্রে ঘুরাতে হবে। যদি এক বন্ধনীর এক অর্ধাংশের উপর ইনডিকেটরের স্ট্যান্ড রেখে এবং অপর অংশের উপর ইনডিকেটরের মাথা রেখে শুধু একটি বন্ধনী অর্ধাংশকে ঘুরিয়ে রিডিং নেই তাহলে আমরা উহার রান আউট রিডিং পাব; তুলনামূলক বৈষম্য পাব না। ডায়াল ইনডিকেটরের সাহায্যে কিভাবে এলাইনমেন্ট করতে হয় তার একটি উদাহরণ চিত্র সহ দেয়া হল।



চিত্র নং—৩৭, ডায়াল ইন্ডিকেটর পদ্ধতিতে এলাইনমেন্ট

মনে করি একটি পাম্প ও মটরের বন্ধনীদ্বয়কে এলাইনমেন্ট করতে হবে। আগেরমত প্রাথমিক প্রস্তুতি সম্পন্ন করে নেই। অতপর ডায়াল ইনডিকেটরের স্ট্যান্ড ক চিত্রের মত 'প' কপলিং'এর সাথে সংযুক্ত করি। এই সংযুক্তিকরণ বিভিন্ন পদ্ধতিতে হতে পারে। স্ট্যান্ডের বেস মেগনেটিক হলে এবং ইহা কাপলিং এর উপর বা পার্শ্বের সমতল অংশে শক্ত করে ধরে রাখার মত ক্ষমতাসম্পন্ন হলে শুধু মেগনেট দ্বারা আটকিয়ে রাখা যায়। অথবা স্ট্যান্ডের মাথায় এমন ব্যবস্থা

করতে হবে যেন কপলিং'এর বোল্টের ছিদ্রের মাধ্যমে আবদ্ধ করা যায়। কোন কোন কাপলিং'এর পার্শ্ব তলে আবদ্ধ করার জন্য স্ক্রু হোল বা প্যাচকাটা ছিদ্র থাকে। অথবা কাপলিং'এর গোড়ায় সাফ্‌টের সাথে স্ট্যান্ডকে আবদ্ধ করার জন্য উপযুক্ত ক্ল্যাম্প তৈরী করে নিতে হবে। অর্থাৎ এমন ব্যবস্থা করতে হবে যেন ইনডিকেটরের স্ট্যান্ড কাপলিং'এর সাথে মজবুত ভাবে সংযুক্ত করা যায় যেন বন্ধনী ঘুরাবার সময় স্ট্যান্ড, স্টান্ড–আরম ও ইনডিকেটর না নড়ে বা কাঁপে। বড় মেসিনের কাপলিং এলাইনমেন্ট নিমিত্তে বিশেষ ধরনের স্ট্যান্ড এবং আনুসাঙ্গিক ব্যবস্থা দেয়া থাকে। কোন কোন সময় উপযুক্ত ডায়াল ইনডিকেটরও সেই সাথে দেয়া হয়। স্ট্যান্ড বসানো হয়ে গেলে তার সাথের সমান্তরাল বাহুটিকে (arm) ছোট–বড় করে ইনডিকেটরের মাথা কাপলিং'এর অন্য অর্ধাংশ (ক) বরাবর আনতে হবে এবং ইনডিকেটরের মাথা সুবিধাজনক ভাবে কাপলিং'এর চকচকে ধার (edge) এর উপর স্পর্শ করে বসিয়ে দিতে হবে। বসাবার পর রিডিং কত লিখে নিতে হবে।

এখন কাপলিংটিকে এক পাক ঘুরিয়ে এনে ঠিক পূর্বের স্থানে রেখে দেখতে হবে আগের রিডিং হুবহু আছে কিনা। পার্থক্য হলে কি কারণে পার্থক্য হল তা খুঁজে বের করতে হবে। হতে পরে স্ট্যান্ড বা তদসংযুক্ত নাট বা স্ক্রু কোথাও লুজ আছে বা ইনডিকেটর সঠিক নাই। অথবা ঘুরবার সময় কোথাও আঘাত লেগেছে। ইত্যাদি দেখার পর সেই ত্রুটি সারতে হবে।

অতপর বন্ধনী ঘুরিয়ে ডায়াল ইনডিকেটরের মাথা ঠিক উপরে অর্থাৎ ০° বা ঘড়ির কাটার ১২ টার বরাবর আনতে হবে। এই অবস্থায় ০° বরাবর চক দিয়ে উভয় বন্ধনীর উপর দাগ দিতে হবে। একই সাথে ৯০°, ১৮০°, ২৭০° অর্থাৎ ৩টা, ৬টা, ও ৯ টা বরাবর উভয় বন্ধনীর উপর দাগ দিয়ে নিলে সুবিধা হয়। ০° তে ডায়াল ইনডিকেটরে রিডিং কত দেখে নিতে হবে। যদি সম্ভব হয় তবে ডায়াল ঘুরিয়ে রিডিং ০ করে নেয়া যায়।

এবারে উভয় বন্ধনীকে ৯০° ঘুরিয়ে ৩টা বরাবর আনতে হবে এবং চকের দাগ দুটিকে এক করতে হবে, এখন রিডিং কত লিখে নিতে হবে। এই ভাবে বন্ধনীদ্বয়কে ঘড়ির কাঁটার নিয়মিত দিকে ঘুরিয়ে ৬, ৯ বরাবর নিয়ে রিডিং লিখে নিতে হবে। আবার ঘুরিয়ে ০ তে এনে দেখতে হবে আগের রিডিং ঠিক আছে কি না। মনে করি রিডিংগুলি যথাক্রমে ০, ৪, ২০ ও ১৬ মিঃ মিঃ শতাংশ। রিডিং

গুলি লেখার একটি পদ্ধতি আছে যা নিম্নে দেখানো হলঃ

ডায়াল ইন্ডিকেটর স্ট্যান্ড পাম্প বন্ধনীতে এবং ইন্ডিকেটরের মাথা মটর বন্ধনীতে, এমতাবস্থায় নেয়া রেডিয়াল রিডিং অনুসারেঃ

উপর–নীচ বৈষম্য = ০–২০ = – ২০

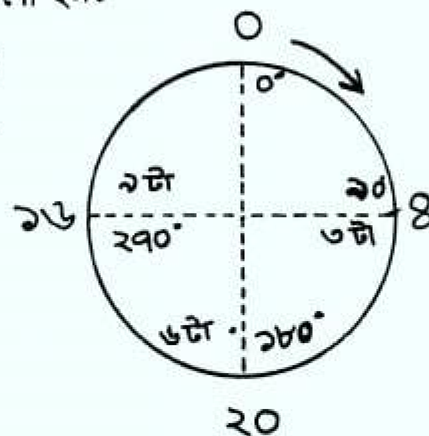
২০ + ২ = ১০ মিঃ মিঃ শতাংশ

= ০·১০ মিঃমিঃ

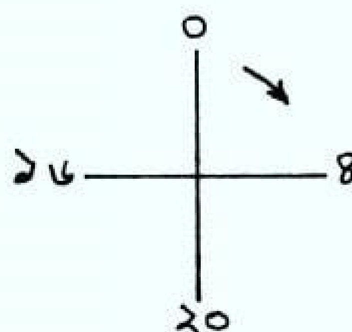
পার্শ্বদিক বৈষম্য = $\frac{৪–১৬}{২}$ = –৬

= ·০৬ মিঃমিঃ

এখানে বিয়োগ (–) চিহ্ন দ্বারা মটর পাম্পের নীচে এবং বাম দিকে সরে আছে এই নির্দেশ করছে। আমরা বিয়োগ চিহ্নকে গণ্য না করে শুধু অংকের মানটাই ধরে নেব এবং সাফ্টের অবস্থান খেয়াল রাখব। রিডিং নেয়ার সময় ডায়াল ইন্ডিকেটরের কাটা ঘড়ির কাটার উল্টা দিকে ঘুরলে রিডিং নেগেটিভ ধরতে হয়। মনে করি প্রথম রিডিং +২০ না হয়ে –২০ হল সেক্ষেত্রে মটর পাম্পের ০·১০ মিঃ মিঃ উপরে আছে বুঝতে হবে।



অথবা



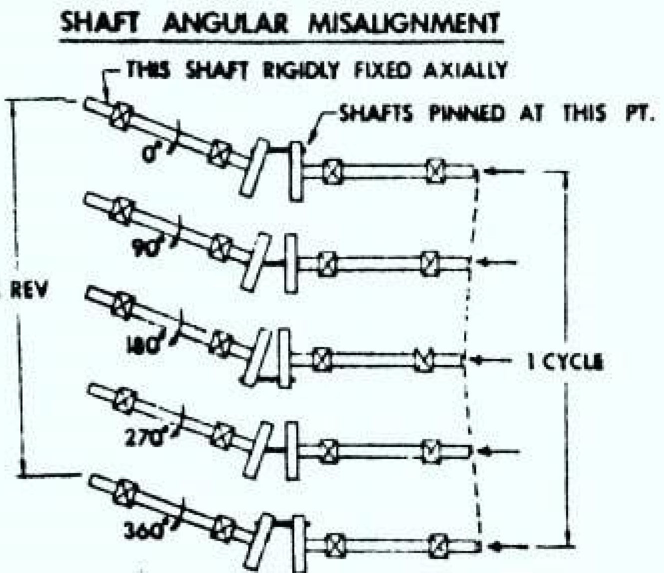
চিত্র নং— ৩৮, রেডিয়াল রিডিং লেখার পদ্ধতি।

সুতরাং উপরের রিডিং অবস্থা হতে দেখা যাচ্ছে যে মটর কম্পলিং পাম্প কম্পলিং হতে ০·১০ মিঃ মিঃ নীচে আছে এবং ·০৬ মিঃ মিঃ পিছনের দিকে বা ডানদিকে অর্থাৎ যে দিক থেকে রিডিং নেয়া হচ্ছে তার বিপরীত দিকে সরে আছে। সুতরাং পূর্বের পদ্ধতি অনুসারে মটরের নীচে চর্তুদিকে সমান ০·১০ মিঃমিঃ সিম দিব। দ্বিতীয়ত মটরকে জেক (jack) বা জেকিং বোল্ট দিয়ে সমানভাবে সামনের দিকে অর্থাথ বাঁদিকে ০·০৬ মিঃমিঃ নিয়ে আসব। এ ভাবেই সমান্তরাল সমকেন্দ্রীকরণ করা হয়।

এখন কৌণিক বৈষম্য (Angular misalignment) সম্পর্কে পরীক্ষা। কৌণিক বৈষম্য পরীক্ষা করার পদ্ধতি ব্যাখ্যা করার আগে কৌণিক বৈষম্যের

প্রভাব কি সে সম্পর্কে আলোচনা করে নেয়া প্রয়োজন মনে করছি। মনে করি দু'টি সাফ্‌টের মধ্যে একটি সাফ্‌ট বা প্রথম সাফ্‌ট একই অক্ষ রেখায় না থাকায় অর্থাৎ সাফ্‌টের প্রথম বিয়ারিং অংশ মূল অক্ষের উপরে থাকার ফলে কাপলিং দ্বয়ের মধ্যে কৌণিক বৈষম্য দেখাচ্ছে। এ ক্ষেত্রে কাপলিং দ্বয়ের নীচের দিকের ফাক বেশী পাওয়া যাচ্ছে। বিষয়টিকে চিত্রের সাহায্যে বুঝানো গেল।

প্রথম পর্যায়ে সাফ্‌ট দু'টি 0^0 অবস্থানে আছে ধরে নেই। কাপলিং দ্বয়ের উপরের অংশের ছিদ্রে একটি বোল্ট বা পিন দিয়ে রাখি। এখন উভয় সাফ্‌টকে ঘুরিয়ে নিয়ে আসলে 180^0 তে উপরের পিন যখন নীচে যাচ্ছে তখন ঐ অংশের ফাক সর্বাধিক হচ্ছে। সে সময় পিন প্রসারিত হয়ে অবস্থান করছে। এরূপ কৌণিক বৈষম্য রেখে যদি আমরা একটি কাপলিংকে বোল্ট দ্বারা আবদ্ধ করে দেই তাহলে সাফ্‌ট ঘুরার সময় উপরের বোল্ট–গুলিতে কম্প্রেসন (Compresion) হবে।



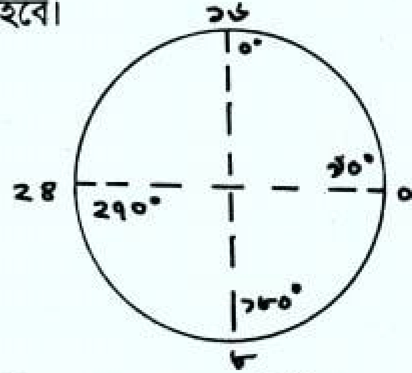
বিপরীত দিকে নীচের বোল্টগুলিতে এক্সপানসন (Expansion) হবে। আবার উপরের বোল্টগুলি যখন নিচের দিকে যেতে থাকবে তখন এক্সপানসন চাপ পড়তে থাকবে। এই অবস্থায় বোল্ট সাফ্‌টকে টেনে নিয়ে আসতে চাইবে। অর্থাৎ যন্ত্র ঘুর্ণনের সময় সর্বদা বোল্ট, কাপলিং, সাফ্‌ট এবং বিয়ারিং এর উপর প্রবল শক্তিতে ষ্টেস (Stres) সৃষ্টি করবে। এই ষ্টেস সম্পূর্ণ যন্ত্রের উপর চলে আসবে যা যন্ত্রাংশগুলির জন্য ক্ষতিকর। ঘুর্ণনের সময় এই ষ্ট্রেস শক্তির উঠা নামার জন্য যন্ত্রে কম্পনও দেখা দিবে। সুতরাং এলাইনমেন্ট করার সময় কৌণিক বৈষম্য দূর করা গুরত্বপূর্ণ।

এবার কৌণিক বৈষম্য পরীক্ষা এবং তা দূরীকরণ পদ্ধতিতে ফিরে আসা যাক। আমরা আগের মত ইনডিকেটরের স্ট্যান্ড সুবিধামত পাম্পের বন্ধনীতে আবদ্ধ করি ও ডায়াল ইনডিকেটরের মাথা মটরের বন্ধনীর খাড়া তলের শেষ মৃসণ প্রান্তে স্পর্শ করিয়ে রাখি। যদি শেষ প্রান্তে স্পর্শ করাতে অসুবিধা হয় তাহলে বন্ধনীতে

আলাদা এঙ্গেল জাতীয় তল ক্লেম্প করে আবদ্ধ করতে হবে যেখানে ইন্ডিকেটরের মাথা সুন্দরভাবে স্পর্শ করতে পারে।

এবারে উভয় বন্ধনীকে একত্রে ঘুরিয়ে ০° তে রাখি ও রিডিং কত আছে দেখে নেই। আবার ৯০° তে বা ৩টা বরাবর যে রিডিং পাব তাকেই কৌনিক বৈষম্যের প্রথম রিডিং হিসাবে ধরব। এরপর ৬, ৯ ও ১২ টায় রিডিং নিব। মনে করি রিডিংগুলি যথাক্রমে ০, ৮, ২৪ ও ১৬ মিঃ মিঃ শতাংশ। মনে রাখতে হবে যে বন্ধনীদ্বয় ঘুরাবার সময় যেন সাফ্‌ট সামনে পিছনে আগাতে পিছাতে না পারে। সে জন্য রাবার পেড দিয়ে ফাঁকের যে কোন এক অংশ পূর্ন করতে হবে যেভাবে চিত্রে দেখান হয়েছে। অথবা সাফ্‌টের কোন কলারে দুই দিকে বোল্ট দিয়ে আবদ্ধ করতে হবে বা সুবিধামত অন্য কোন পন্থা নিতে হবে।

উপর–নীচ কৌণিক বৈষম্য	= ১৬–৮
	=·০৮ মিঃমিঃ
পার্শ্বদিক কৌণিক বৈষম্য	= ০–২৪
	= –০২৪ মিঃমিঃ
মনে করি, বন্ধনীব্যাস	= ১৬০ সেঃমিঃ
এবং মটরের বেড দৈর্ঘ্য	= ৬০০ সেঃমিঃ



চিত্র নং–৩৯, কৌণিক বা এঙ্গুলার রিডিং।

সুতরাং উপরের রিডিং হতে দেখা যাচ্ছে যে উপরের দিকে ·০৮ মিঃ মিঃ বেশী ফাঁক। সুতরাং মোটরের পিছনের দিকে $\frac{.০৮ \times ৬০০}{১৬০}$ = ·৩ মিঃ মিঃ পরিমাণ সিম দিয়ে উপরে তুলতে হবে। পার্শ্ব দিক বৈষম্য দেখা যাচ্ছে–০·২৪ মিঃ মিঃ অর্থাৎ বিপরীত দিকে ফাঁক বেশী। সুতরাং মোটরের পিছনের দিকের অংশকে $\frac{.২৪ \times ৬০০}{১৬০}$ = ০·৯ মিঃ মিঃ ঠেলে বিপরীত দিকে নিতে হবে। এভাবেই আমরা ইনডিকেটরের সাহায্যে কৌণিক সমকেন্দ্রীকরণ করব।

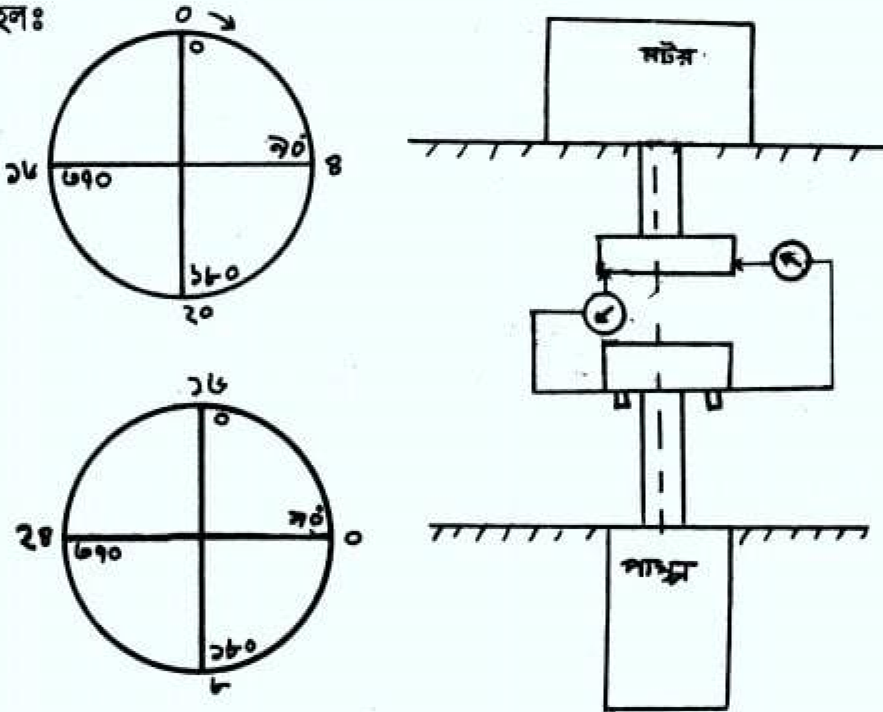
দু'টি ইন্ডিকেটর ব্যবহার করে আমরা এক সাথে সমান্তরাল এবং কৌণিক বৈষম্যের রিডিং একবারেই নিতে পারি এবং উভয় রিডিং'এর ফলাফলকে একত্রে হিসাব করে এলাইনমেন্ট সহজে করতে পারি।

যদি বন্ধনীর মধ্যে ফাঁক এত কম থাকে যে ডায়াল ইন্ডিকেটরের মাথা বসানো সম্ভব নয়, তাহলে 'থিকনেস গেজ' বা 'ফিলার গেজ' দিয়ে বৈষম্য মাপ বের করতে হবে। আর যদি ফাঁক পরিমানের চেয়ে বেশী থাকে সেক্ষেত্রে মাইক্রোমিটার দিয়ে মাপ নিতে হবে। সমান্তরাল বৈষম্য ডায়াল ইন্ডিকেটর বা স্ট্রেট গেজ দিয়েই নিতেহয়।

যদি কোন সময় বন্ধনী ডায়াল ইনডিকেটর সহ ঘুরিয়ে নীচে নিতে বা নীচে ইনডিকেটর থাকা অবস্থায় রিডিং নিতে অসুবিধা হয় তখন অন্য তিনটি রিডিং অনুপাতে তাহা নির্ণয় করা যায় অর্থাৎ ৬ টার রিডিং হবে ৩টা ও ৯টার যোগফল হতে ১২ টার রিডিং এর বিয়োগ। অন্যান্য অবস্থানের জন্যও ইহা প্রাযোজ্য।

উপরে আমরা যে সব যন্ত্রদ্বয়ের বন্ধনী এলাইনমেন্টের কথা বলেছি সেগুলি ভূমির সাথে সমান্তরাল অবস্থায় বসান ও পরিচালিত। বহু যন্ত্র আছে যার সাফ্‌ট ভারটিকাল (Vertical) বা খাড়া অবস্থায় থাকে। সেই অবস্থায়ও কাম্পলিং ব্যবহৃত হয় এবং কাপলিং'এর এলাইনমেন্টও একইভাবে প্রয়োজনীয়। এইরূপ বন্ধনীর সমকেন্দ্রীকরণ মূল পদ্ধতি একই রকম। শুধু অবস্থানের পার্থক্য আছে বলে সিম দেয়ার পদ্ধতির মধ্যে পার্থ্যক্য হয়ে থাকে। পাম্প ও মটরের উদাহরণ দিয়েই বিষয়টি আলোচনা করা যাক।

মনে করি একটি খাড়া পাম্প (Vertical pump) বসান আছে এবং তার উপর একটি মটর আছে। এখন মটর ও পাম্পের সাফ্‌টদ্বয়কে বন্ধনীর মাধ্যমে আবদ্ধ করতে হবে। এর অবস্থান ও ইনডিকেটর সংযোজন নীচের চিত্রে দেখান হলঃ



চিত্র নং—৪৩, খাড়া পাম্পের এলাইনমেন্ট।

মনে করি এখানেও রিডিং সমুহ পূর্বের রিডিং'এর সমান। এ ক্ষেত্রে সমান্তরাল বৈষম্যের জন্য মটরকে সিম দিয়ে উপরের দিকে না তুলে সামনে পিছনে বা ডানে বামে সরিয়ে কেন্দ্রস্থিত করতে হবে। আর কৌণিক বৈষম্যের জন্য মাপ অনুসারে সামনে পিছনে বা যে কোন পার্শ্বে সিম দিয়ে সমকেন্দ্রীকরণ করতে হবে। আমরা যদি সামনের দিকের মাঝামাঝি রিডিং কে ০° রিডিং ধরি এবং ঘড়ির কাঁটার দিকে ঘুরিয়ে থাকি তাহলে এ ক্ষেত্রে আমরা মোটরকে ০·১০ মিঃ মিঃ সামনে এবং ০·০৬ মিঃ মিঃ ডান দিকে সরাতে হবে। কৌনিক বৈষম্যের জন্য মোটরের সামনের দিকে ·০৮ মিঃমিঃ ও ডান পার্শ্বের বেসের নীচে ০·২৪ মিঃমিঃ পরিমাণ সিম দিতে হবে। সিম দেয়ার কাজ হয়ে গেলে ডায়াল ইনডিকেটর ঘুরিয়ে পুনরায় দেখতে হবে যে সিম দেয়া এবং সমকেন্দ্রীকরণ সঠিক হয়েছে কিনা।

দুটি যন্ত্রকে সমকেন্দ্রীকরণ করে বন্ধনীযুক্ত করার সময় আরেকটি বিষয় বিবেচনার মধ্যে আনতে হবে। অর্থাৎ যন্ত্র দুটি চলার সময় কি তাপমাত্রায় থাকবে। যদি দুটি যন্ত্রই মোটামুটি কাছাকাছি তাপমাত্রায় থাকে তাহলে এলাইনমেন্ট যতটা সম্ভব বিশুদ্ধ করে বন্ধনী যুক্ত করা উচিৎ। যদি কোন একটার তাপমাত্রা অন্যটির চেয়ে বেশী থাকে তাহলে বিশুদ্ধ সমকেন্দ্রীকরণ করে দিলে চলার সময় বেশী তাপের দরুন ঐ যন্ত্র বর্ধিত হয়ে সামান্য উপরে উঠে যাবে। ফলে উহার অক্ষরেখাও মূল অক্ষ রেখা হতে সরে উপরে চলে আসবে এবং সমান্তরাল বৈষম্য সৃষ্টি করে চলতে থাকবে যা কাম্য নয়। সুতরাং যন্ত্রটি অন্যটি অপেক্ষা কতটা বর্ধিত হতে পারে সে অনুসারে এলাইনমেন্টের সময় যদি খানিকটা নীচে বা অপরটিকে খানিকটা উপরে রাখা হয় তবে চলার সময় উহা সমন্বিত হয়ে সঠিক সমকেন্দ্রীস্থ অবস্থায় চলতে পারবে। কৌণিক বৈষম্য রাখায় প্রয়োজন নাই।

কোন যন্ত্রের জন্য কতটা সমান্তরাল বৈষম্য রাখা প্রয়োজন তাহা ঐ যন্ত্রের বিবরণী পুস্তকে (Instruction manual) দেয়া থাকে। যদি এমনটা দেয়া না থাকে তবে যন্ত্র দুটিকে সাধারণ সমকেন্দ্রীকরণ অবস্থায় কিছুক্ষণ চালিয়ে তার সঠিক তাপমাত্রায় উঠে গেলে যন্ত্রটি থামিয়ে বন্ধনী খুলে দিয়ে পরীক্ষা করে দেখা যেতে পারে এলাইনমেন্টের কতটা বৈষম্য হয়েছে। অবশ্য এ ধরনের পরিচালনা সর্বক্ষেত্রে সম্ভব নয়। প্রয়োজনবোধে এই বিষয়ে প্রস্তুতকারক থেকে চিঠির মারফৎ পরিমাপ জেনে নেয়া যেতে পারে। আর তা না হলে ১২ নং ছক অনুসরণ করে।

সমকেন্দ্রীকরণ করা যেতে পারে। এখানে উদাহরণস্বরূপ আমরা মটর, ইঞ্জিন, পাম্প ও টারবাইনকে সংযুক্ত করণের জন্য যে বৈষম্য থাকা দরকার তাহাই দেখাব। অনুরূপ পরিস্থিতিতে অন্যান্য যন্ত্রেও তাহা প্রয়োগ করা যেতে পারে।

ছক নং—১২, তাপজনিত কারণে বন্ধণীতে গ্রহণযোগ্য সমান্তরাল পার্থক্য পরিমিত

যন্ত্রদ্বয়ের বর্ণনা	যন্ত্রের বন্ধনীতে গ্রহনযোগ্য সমান্তরাল পার্থক্য পরিমিত	
	ইঞ্চিতে	মিঃ মিঃ
যদি একটি পাম্প মটর দ্বারা আবদ্ধ হয় এবং পানির তাপমাত্রা সাধারণ ঠান্ডা থাকে তবে মোটরটিকে পাম্প হতে নীচে স্থাপন করতে হবে।	·০০৫ – ·০০৮	·১২–·২০
যদি পাম্পের পানির তাপমাত্রা ৯০ – ১০০°C বা২৫০° F এর কাছাকাছি হয় তবে মোটরটিকে পাম্প হতে উপরে স্থাপন করতেহবে।	·০০৭ – ০·০১০	·১৭–·২৫
যদি পাম্পটি টারবাইন চালিত হয় এবং পাম্পের পানির তাপমাত্রা সাধারণ থাকে তবে টারবাইনকে পাম্প হতে নীচে স্থাপন করতে হবে।	০·০০৫–·০০৮	·১২–·২০
যদি পাম্পটি টারবাইন চালিত হয় এবং পাম্পে পানির তাপমাত্রা ৯০ – ১০০° C বা প্রায় ২৫০° F হয়তাহলেটারবাইনকে উপরে স্থাপন করতে হবে।	·০০৮ – ·০১০	·২০–·২৫
যদি পাম্পটি ইঞ্জিনচালিত হয় এবং পানি সাধারন তাপমাত্রায় থাকে তাহলে ইঞ্জিনকে নীচে বসাতে হবে।	·০০৮ – ·০১০	·১২–·১২
যদি পনির তাপমাত্রা প্রায় ২২৫° F থাকে তবে ইঞ্জিনকে উপরে বসাতে হবে।	·০০৪ – ·০০৬	·১০–·১৫

অনেক মাল্টি স্টেজ পাম্প (Multi stage pump) বিশেষ করে যেগুলি গরম অবস্থায় চলে বা উত্তপ্ত পানি পাম্প করে সেগুলি সরাসরি বেইজ আসনে না বসিয়ে তার মাঝামাঝি বরাবর অবস্থানে বসান হয়। তাতে পাম্পের সিলিন্ডার অনেকটা ঝুলন্ত অবস্থায় থাকে। ফলে তাপমাত্রায় উহা উভয় দিকে বর্ধিত হতে পারে বলে সাফ্‌টের কেন্দ্রীয় অবস্থানের কোন পরিবর্তন হয় না। ঐ সব ক্ষেত্রে সমান্তরাল পার্থক্য তালিকা সমকেন্দ্রীকরণের সময় প্রযোজ্য নহে।

এই ধরনের যন্ত্র বা পাম্প উত্তাপে সাফ্‌ট এবং সিলিন্ডারকে সমান্তরাল দিকে বর্দ্ধিত করে। সিলিন্ডার এবং সাফট উভয়কেই এই বর্দ্ধনের সুযোগ দিতে হয়। তা নাহলে সিলিন্ডার বা বডিতে ফাটল ধরে এবং সাফ্‌ট বাকা হয়ে যায়। সাফ্‌টের একদিক থ্রাস্ট বিয়ারিং বা বিয়ারিং কলার দ্বারা আবদ্ধ থাকে। ফলে সাফ্‌ট কাপলিং'এর দিকে বর্দ্ধিত হয়। যদি বর্দ্ধনের মাত্রা কম হয় এবং গিয়ার কাপলিং থাকে তবে তাহা কাপলিং'এর মধ্যবতী ফাক ও গিয়ার দাতের মাধ্যমে সমন্বয় করে নেয়। আর কঠিন কাপলিং হলে চালক যন্ত্র বা মোটর সাফ্‌টে সেই বর্দ্ধন গিয়ে বর্তায়। সেই অবস্থায় চালক যন্ত্র কাপলিং এবং মূল যন্ত্রের অবস্থান কি হবে আগে থেকে ঠিক করে নিতে হয়। অনেক প্রকার টারবাইনে চালক যন্ত্র এবং কাপলিং'এর অবস্থান ঠিক থাকে, কিন্তু সাফ্‌ট – থ্রাস্ট বিয়ারিং ও সিলিন্ডার সহ সামনের দিকে বর্দ্ধিত হয় এবং সেইরূপ ব্যবস্থা করা থাকে।

পানির পাম্প বেশী গরম অবস্থায় সাফ্‌ট থ্রাস্ট বিয়ারিং'এর দিকে বর্দ্ধিত হতে পারে না। এই সমুদয় বর্দ্ধিত অংশ কাপলিং'এর দিকে যায়। এমন অবস্থায় ফিঙ্গার বা গিয়ার কাপলিং'এর ফাক উহা গ্রহন করতে পারে। কঠিন কাপলিং হলে সমকেন্দ্রীকরণের আগেই পাম্প ও তার চালকের অবস্থান ঠিক করে নিতি হবে।

অনেক যন্ত্র আছে যার বিয়ারিং যন্ত্রের খাচার মধ্যে না থেকে যন্ত্র হতে আলাদা স্থানে বিয়ারিং স্ট্যান্ডের উপরে অবস্থান করে। ভারী এবং গুরুত্বপূর্ন যন্ত্রে এরুপ আলাদা করা প্রয়োজন হয়ে পড়ে। এ সব যন্ত্রের সাফ্‌ট দুই দিকে বর্ধিত হওয়ার সুযোগ থাকে এবং বিয়ারিং স্থাপন করার জন্য উপযুক্ত বিয়ারিং জার্নাল থাকে। উদাহরণস্বরুপ বলা যায় যেমন টারবাইন–জেনারেটর। টারবাইনের দুই পার্শে দুটি বিয়ারিং এবং জেনারেটরের দুই পাশে দুটি বিয়ারিং আলাদা স্ট্যান্ডে থাকে। মাঝের দুটি বিয়ারিং'এর স্ট্যান্ড এক থাকে এবং এর মধ্যবর্তী স্থানে

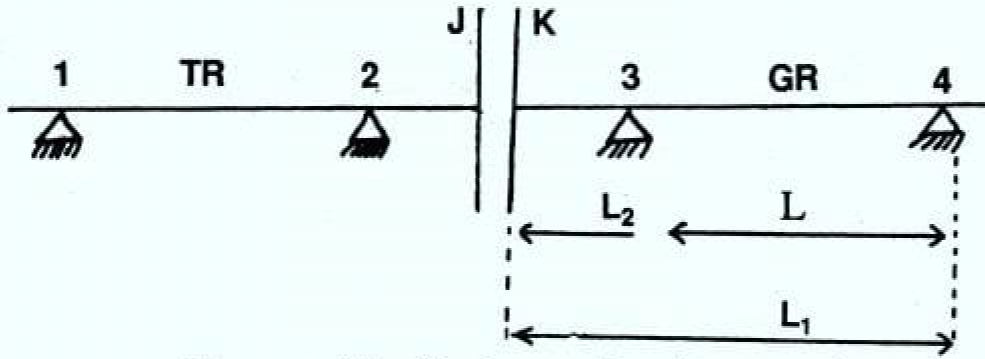
বন্ধনীদ্বয় সাফ্‌ট প্রান্তে বসান থাকে। এ ধরনের মেশিনের বন্ধনী এলাইনমেন্ট করার পূর্বে দুটি যন্ত্র ও বিয়ারিং পেডেষ্টলকে সঠিক ভাবে লেভেলিং ও সেন্টারিং করে বসিয়ে নিতে হয়। অতঃপর সাধারণভাবে এলাইনমেন্ট পরীক্ষা করে যন্ত্রের নীচে, বিয়ারিং ষ্ট্যান্ডের নীচে ও বিয়ারিং'এর তিন দিকে সিম দিয়ে সমপর্য্যায়ে নিয়ে আসতে হয়। চূড়ান্ত সমকেন্দ্রীকরণের জন্য শুধু মাত্র বিয়ারিং'এর নীচে বা পাশে সিম দিয়ে সমন্বিত করতে হয়। এ ধরনের যন্ত্র এক বার বসান হয়ে গেলে পরবর্তী সময়ে শুধুমাত্র বিয়ারিং সমূহকে সমন্বিত করে সমকেন্দ্রীকরণ করা হয়।

এইরূপ যন্ত্রকে এলাইনমেন্ট করণের মূল নীতি একই প্রকার। তবে সূক্ষ্মতার মাত্রা বেশী এবং হিসাব নিকাশ আরো এক ধাপ অগ্রগামী। এ সব ক্ষেত্রে ৩টি বা ৪টি ডায়াল ইনডিকেটর এক সাথে লাগান হয়ে থাকে। সমান্তরাল বৈষম্য দেখার জন্য ১৮০ ডিগ্রী দূরত্বে দুটি ইনডিকেটর এবং কৌনিক বৈষম্য দেখার জন্য একটি বা অনুরুপ ভাবে দুটি ইনডিকেটর বসান হয়। একই স্থানে দুটি রিডিং'এর গড় নিয়ে তার ফল লেখা হয়। এখানেও বন্ধনীদ্বয়ের উপরে ০, ৯০, ১৮০, ২৭০ ডিগ্রীতে চক দিয়ে চিহ্নিত করে নিতে হয় এবং উভয় অর্ধাংশকে একত্রে ঘুরিয়ে নির্দিষ্ট বিন্দুতে এনে দাগ মিলিয়ে নিতে হয়। অতঃপর রিডিং নিতে হয়।

একটি টারবাইন ও জেনারেটরের ক্ষেত্রে এলাইনমেন্ট করণের জন্য আমরা রিডিং'এর পরিবর্তে সাংকেতিক চিহ্ন বসিয়ে বিষয়টি বুঝতে চেষ্টা করব ও পরে রিডিং বসিয়ে তার সমাধান করব।

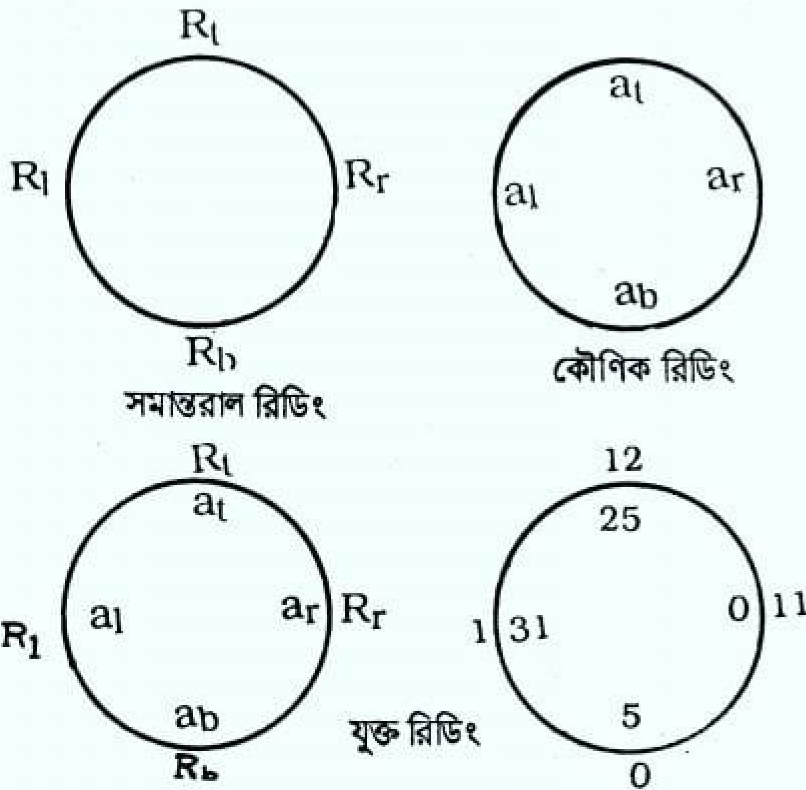
ধরে নেই TR টারবাইনের রোটর বা সাফ্‌ট ও GR জেনারেটরের রোটর বা সাফ্‌ট যথাক্রমে ১, ২, ৩, ৪ বিয়ারিং এর উপর J ও K কম্পলিং সহ পরের পৃষ্টায় চিত্রের মত অবস্থান করছে।

ধরে নেই টারবাইন রোটর বা সাফ্‌ট সঠিক অবস্থায় আছে। আমরা রিডিং অনুসারে জেনারেটর রোটর বা সাফ্‌টের অবস্থানকে 3, 4 বিয়ারিং'এ সিম বসিয়ে অবস্থানের পরিবর্তন করব ও সঠিক অবস্থায় নিয়ে আসব। মনে করি জেনারেটরের এক বিয়ারিং হতে অন্য বিয়ারিংয়ের দূরত্ব L, বিয়ারিং 4 হতে কাপলিং K প্রান্ত L_1, বিয়ারিং 3 হতে কাপলিং প্রান্ত L_2 এবং কাপলিং দ্বয়ের ব্যাস D।



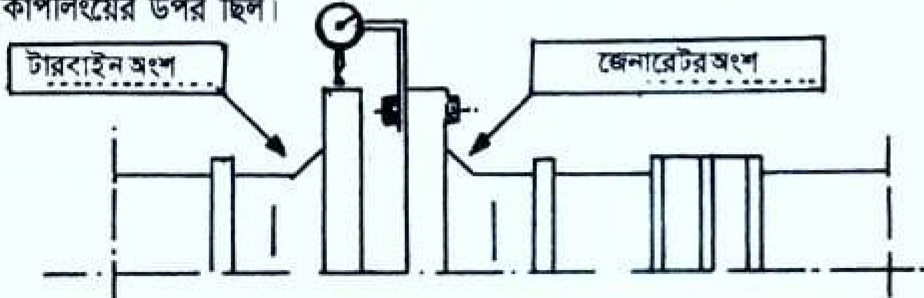
চিত্র নং—৪১ টারবাইন ও জেনারেটর রোটরের রেখা চিত্র।

মনে করি L = 4000mm, L_2 = 600mm, D = 400mm। উভয় কাপলিং অর্ধাংশের ০, ৯০, ১৮০, ২৭০ ডিগ্রীতে নেয়া রেডিয়াল এবং এঙ্গুলার রিডিং সমূহ যথাক্রমে R_t, R_r, R_b, R_l ও a_t, a_r, a_b, a_l। স্টীমের গতি (flow) যে দিকে সে দিক থেকে বিবেচনা করে t=top, r=right, b = bottom, l = left হিসাবে রিডিং ধরা হয়েছে। অর্থাৎ টারবাইনের সামনে থেকে জেনারেটরের দিকে মুখ করে দাঁড়ালে হাতের ডান দিকে right (r) বা সামনের দিক এবং বাম দিকে left (l) বা পিছনের দিক।



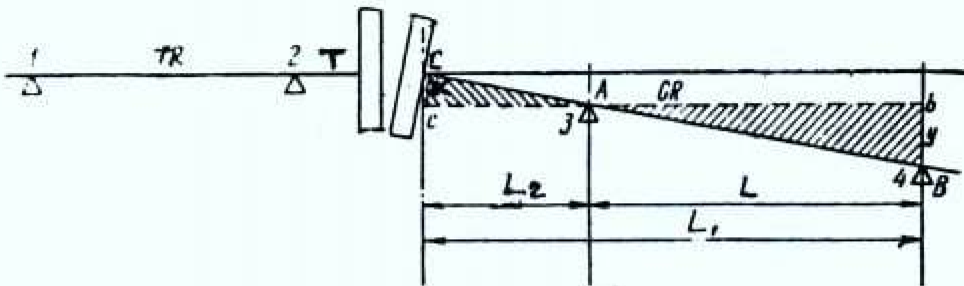
চিত্র নং—৪২, টারবাইন ও জেনারেটরের এলাইনমেন্টের উদাহরণ রিডিং

রেডিয়াল রিডিংয়ের জন্য নীচের চিত্রের ন্যায় ডায়াল ইনডিকেটর স্ট্যান্ড জেনারেটর কাপলিংয়ের মধ্যে বাধা ছিল। ইন্ডিকেটরের সূঁচালো মাথা টারবাইন কাপলিংয়ের উপর ছিল।



চিত্র নং—৪৩, টারবাইন ও জেনারেটর এলাইনমেন্ট এবং ডায়াল ইন্ডিকেটরের অবস্থান চিত্র।

সুতরাং রেডিয়াল রিডিং + অর্থ হল জেনারেটরের সাফ্ট নীচে আছে। অতএব উপরে তোলার জন্য ৩নং এবং ৪নং বিয়ারিংয়ের নীচে সিম দিতে হবে। ধরে নেই কৌণিক বৈষম্য মাপার জন্য একইভাবে ৯০° দূরে অন্য একটি ডায়াল ইনডিকেটর জেনারেটর কাপলিংয়ে বাধা ছিল। কৌণিক বৈষম্যের রিডিং অনুসারে উপরের দিকে ফাঁক বেশী। অর্থাৎ একে সঠিক করার জন্য জেনারেটরের শেষ প্রান্তে ৪নং বিয়ারিংয়ের নীচে সিম দিতে হবে। কৌণিক বৈষম্যের কারণে কাপলিং ও সাফ্টের অবস্থান মনে করি নিম্নের চিত্রের ন্যায় থাকে। এখানে জেনারেটরের সাফ্ট GR হেলান অবস্থায় আছে।



চিত্র নং—৪৪, টারবাইন ও জেনারেটর এলাইনমেন্টের কৌণিক বৈষম্যের জ্যামিতিক হিসাব চিত্র।

এই সমান্তরাল এবং কৌণিক বৈষম্য কিভাবে ঠিক করা যায় আলোচনা করা যাক। প্রথমে ধরে নেই যে লম্ব তলে (Vertical plane) রেডিয়াল রিডিং অনুসারে জেনারেটর রোটর সাফ্‌কে $\frac{R_1\text{-}Rb}{2} = \frac{12\text{-}0}{2} = 6$ অর্থাৎ 0.06 m m উপরে উঠাতে হবে। তাই আমরা উভয়

বিয়ারিং 3 এবং 4 এর নীচে 0.06 mm পুরু সিম দিব। ফলে C বিন্দু T বিন্দুর বরাবর এসে যাবে। এখন লম্ব তলে কৌণিক বৈষম্য দূর করার জন্য A বিন্দুকে কেন্দ্র করে (চিত্র নং–৪৪) সাফ্টকে ঘুরাই, অর্থাৎ বিয়ারিং চার এর নীচে সিম দেই। সিমের পরিমাণ হবে y এর সমান।

$$y = \frac{a_t - a_b}{D} \times L = \left(\frac{25-5}{100} + 400\right) \times 400 = 2\text{mm.}$$

কিন্তু এর ফলে C বিন্দু উহার পূর্ব অবস্থা থেকে x পরিমাণ নীচে আসবে। সমানুপাতিক ত্রিভুজের (Similar triangle) সূত্র অনুযায়ী $\frac{Cc}{Bb} = \frac{Ac}{Ab}$

অর্থাৎ $\frac{x}{y} = \frac{L_2}{L}$ অথবা $x = \frac{L_2}{L} \times y = \frac{600}{4000} \times 2 = 0.3\text{mm}$ । সুতরাং সাফ্টকে T বিন্দু বরাবর আনতে হলে পুনরায় উভয় বিয়ারিং 3 এবং 4 এর নীচে 0.3mm পুরুত্বের সিম দিতে হবে।

অতএব লম্ব তলে পরিবর্তনের জন্য মোট সিমের পরিমাণ দাড়াচ্ছেঃ–

বিয়ারিং 3 এর নীচে = .06 + 0.30 = 0.36 mm

বিয়ারিং 4 এর নীচে = 0.06 + 2.00 + 0.30 = 2.36 mm

অনরূপভাবে আমরা সমান্তরাল তলে (parallel plane) যে রেডিয়াল ও এঙ্গুলার বৈষম্য আছে তাহা দূর করার চেষ্টা করতে পারি। এ ক্ষেত্রে সাফ্ট $\frac{R_r - R_l}{2}$

$= \frac{11-1}{2} = 0.05\text{mm}$ বাম দিকে (Left) সরে আছে অর্থাৎ 0.05mm পরিমান সিম উভয় বিয়ারিংয়ের বাম দিকে দিতে হবে। কৌণিক বৈষম্যের জন্য সাফ্টকে A বিন্দুতে কেন্দ্র করে সমান্তরাল তলে ঘুরাই, অর্থাৎ বিয়ারিংয়ের ডান দিকে সিম দিয়ে সাফ্টকে বামে সরাতে হবে। এর পরিমাণ হবে

$\frac{a_r - a_l}{D} \times L = \frac{(0-30)}{100} \times \frac{4000}{400} = -3\text{mm}$ । কিন্তু এভাবে সরানোর ফলে C বিন্দু T কেন্দ্র থেকে ডানে সরে আসবে, যার পরিমান হবে x ।

$x = \frac{L_2}{L} \times y = \frac{600}{4000} \times -3 = -0.45\text{mm}$; অর্থাৎ বিয়ারিং 3 এবং 4 এর ডান দিকে আরও 0.45mm পুরুত্বের সিম দিয়ে সাফ্টকে বামে সরাতে হবে।

অতএব সমান্তরাল তলে বৈষম্য পরিবর্তনের জন্য মোট সিমের পরিমাণ দাড়াচ্ছেঃ–

বিয়ারিং 3 এর ডান দিকে = 0.05 – 0.45 = – 0.40 = .4mm

বিয়ারিং 4 এর ডান দিকে = 0.05 – 3.00 – 0.45 = –3.40 = 3.4mm

উপরের ফলাফলগুলিকে একটি ছকে লিখিতভাবে সাজিয়ে নেয়া যায়। বার বার সিম পরিবর্তন না করে একবারেই হিসাব অনুযায়ী সিম পরিবতর্ন করা যেতে পারে। এলাইনমেন্ট যতটা সম্ভব বৈষম্য বিহীন করার চেষ্টা করতে হবে। তবে বৈষম্য যদি সীমা লংঘন করে তবে সেটাকে সঠিক এলাইনমেন্ট হয়েছে বলা যাবে না। প্রকৃতপক্ষে যন্ত্রের নির্দেশিকা পুস্তক অনুসারেই এই সীমা নির্ধারণ করা শ্রেয়। যদি তাপমাত্রার পার্থক্যের জন্য বা অন্য কোন কারনে কোন সাফ্টকে অন্যটি হতে উপরে বা নীচে রাখার নির্দেশ থাকে তবে তা অনুসরণ করা বাঞ্ছনীয়।

টারবাইন বা এই জাতীয় যন্ত্রের এলাইমেন্টের পর কাপলিং নাট–বোল্ট দিয়ে আবদ্ধ করার পর রান আউট (Run out) পরীক্ষা করে দেখা হয়। রান আউট পরীক্ষা করার নিয়ম হল দুটি ডায়াল ইন্ডিকেটরকে স্থির বা ফিক্সড বডির (Fixed body) সুবিধামত কোন স্থানে বসিয়ে ইন্ডিকেটরদ্বয়ের মাথা বন্ধনীর দুই অর্ধাংশে আলাদাভাবে স্পর্শ করিয়ে রাখতে হয়। এই অবস্থায় দুই ইন্ডিকেটরে ০–০ রিডিং বা ৫০ – ৫০ অর্থাথ ০·৫ – ০·৫ মিঃ মিঃ রিডিং এডজাস্টমেন্ট করা হয়। অতঃপর টারবাইন রোটরকে ঘুরিয়ে বন্ধনীর প্রত্যেক বোল্ট বরাবর রিডিং গুলি লিপিবদ্ধ করতে হয়। এখন এই দুই ইন্ডিকেটরের রিডিং গুলির মধ্যে সর্বোচ্চ পার্থক্য কত তাহা নির্ণয় করতে হয়। ধরা যাক যে কাপলিং'এ ১২ টি বোল্ট আছে। ১ নং ইন্ডিকেটরে বোল্ট বরাবর রিডিংগুলি হল যথাক্রমে ৫০, ৫০·৫, ৪৯, ৪৮·৫, ৪৮, ৪৭, ৪৮, ৪৮·৫, ৪৯, ৪৯·৫, ৪৯·৫, ৫০। দুই নং ইন্ডিকেটরে অপর কাপলিং অর্ধাংশের গৃহিত রিডিংগুলি হল যথাক্রমে– ৫০, ৫১, ৫১·৫, ৪৯, ৫০, ৫০·৫, ৫১, ৫৩, ৫৪, ৫২, ৫১, ৫১। এখন ১ নং ইন্ডিকেটরের সর্বনিম্ন রিডিং হল ৪৭ , এবং ২ নং ইন্ডিকেটরের সর্বোচ্চ রিডিং হল ৫৪ অর্থাৎ ০·৫৪ মিঃমিঃ। সুতরাং রান আউট বৈষম্য বা রান আউট এক্সেনটিসিটি (Eccentricity) হল ৫৪ – ৪৭ = ৭ অর্থাৎ ০·০৭ মিঃমিঃ। এই বৈষম্য সাধারনত ০·০৫ মিঃ মিঃ পর্যন্ত গ্রহণযোগ্য। যদি এর বেশী হয় তাহলে চারদিকে চারটি বোল্ট রেখে বাকী বোল্টগুলিকে লুজ দিয়ে পুনরায় সমন্বয়ের মাধ্যমে টাইট দিতে হবে। প্রয়োজন মোতাবেক কপার হাতুড়ী দিয়ে কাপলিং অধার্ংশদ্বয়ে আঘাত করে করে বোল্টগুলিকে ক্রসওয়াইজ (Cross wise) টাইট দিতে হবে। যেমন দ্বিতীয় ইন্ডিকেটরে গৃহিত সর্বোচ্চ রিডিং হল ৯ নং বেল্ট বরাবর। সুতরাং ঐ বোল্ট এবং তার বিপরীত দিকের ৩ নং বোল্ট অবশ্যই লুজ দিতে হবে। প্রয়োজনে আশেপাশের ২/৩ টি বোল্টও লুজ দেয়া যায়। অতপর ৯ নং বোল্ট অংশকে উপরের দিকে এনে কাপলিং এর দ্বিতীয় অধার্ংশের উপরের দিকে হাতুড়ী দিয়ে পরিমান মত আঘাত করে ৩ নং বোল্টকে প্রথমে

টাইট দিতে হবে এবং পরে ৯ নং বোল্টকে টাইট দিতে হবে। এরপর পুনরায় রান আউট রিডিং নিলে দেখা যাবে যে পূর্বের চেয়ে বৈষম্য কমেছে। এই ভাবে পুনঃপুনঃ সমন্বয় সাধনের মাধ্যমে রান আউট রিডিংকে গ্রহণযোগ্য সীমার মধ্যে নিয়ে আসতে হবে। যদি পরিবর্তন দেখা না যায় তবে পরীক্ষা করে দেখতে হবে যে বোল্ট এবং কাপলিং হোলের (Hole) মধ্যে যে ক্লিয়ারেন্স থাকা উচিৎ তাহা আছে কিনা। কোন একটি বা দুটি বোল্ট যদি হোলে লেগে থাকে তবে রান আউট সমন্বয় সাধন সঠিক ভাবে করা যায় না। কেননা রান আউট সঠিককরণের সময় এই হোল ক্লিয়ারেন্সের মাধ্যমেই সমন্বয় সাধন হয়ে থাকে। এমন ত্রুটি দেখা দিলে ঐ হোলকে রিমার চালিয়ে সঠিক করে নিতে হবে। পূর্বের পদ্ধতিতে পুনরায় পরীক্ষা এবং বারবার চেষ্টার মাধ্যমে বৈষম্য ০·০৩ বা ০·০৪ মিঃমিঃ এর মধ্যে আনার চেষ্টা করতে হবে। সাধারণ যন্ত্রপাতির জন্য এই রান আউট পরীক্ষা বা সমন্বয়ের প্রয়োজন নাই।

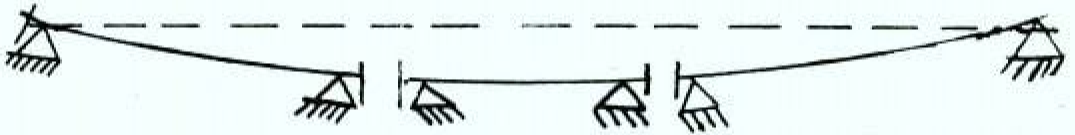
যখন কোন টারবাইনে দুইটি সিলিন্ডার অর্থাৎ উচ্চ চাপ সিলিন্ডার (High pressure cylinder) এবং নিম্ন চাপ সিলিন্ডার (Low pressure cylinder) থাকে, তখন এর মধ্যবর্তী স্থানেও একটি কম্পলিং থাকতে পারে। তাছাড়া নিম্ন চাপ সিলিন্ডার ও জেনারেটর সংযোগ স্থলে আরেকটি কাপলিং থাকে। এইরূপ দুইয়ের অধিক সাফ্‌ট এলাইনমেন্ট করার সময় একটি বিষয় মনে রাখা দরকার। অর্থাৎ প্রত্যেক সিলিন্ডারের সাফ্‌ট দুটি বিয়ারিং'এর উপর অবস্থান করছে। সাফ্‌ট এবং ব্লেড সমূহের ওজনে সাফট সামান্যতম হলেও ঝুলে থাকে। ফলে সাফ্‌টের প্রান্তদেশের কাপলিং একেবারে খাড়া না থেকে সামান্য পরিমাণে কৌনিক অবস্থান নিয়ে থাকে। দুটি বা তিনটি সাফ্‌ট হলে তার প্রকৃত অবস্থা অনেকটা নিম্নের চিত্রের মত হয়ে থাকেঃ



চিত্র নং—৪৫, তিনটি ভারী সাফ্‌ট সংযোগের ফলে প্রকৃত অবস্থার রেখা চিত্র।

এই অবস্থায় কাপলিং অর্ধাংশ দুটি 'V' এর মত হা করে থাকে। সাফ্‌ট'এর অক্ষরেখা সমান্তরাল বরাবর তিনটি ঢেউ (Wave sag) আকারে অবস্থান করে। সুতরাং আমরা প্রথম কাপলিং'এর এই 'V' আকারের কৌনিক বৈষম্যকে যখন দূর করতে যাব তখন ৪ নং বিয়ারিংসহ সাফ্‌টকে স্বভাবতই

উপরে তুলে নিব। এতে পরবর্তী কপলিং'এ এই বৈষম্য আরো বেড়ে যাবে। আবার পরবর্তী কাপলিং যখন মিলাতে যাব তখন জেনারেটরের সাফ্‌টের ৬ নং বিয়ারিংকে আরো উপরে তুলে নিতে হবে। ফলে বিয়ারিং ১ ও ৬ এর উচ্চতার কিছুটা পার্থক্য হবে। আর যদি খানিকটা কৌণিক বৈষম্য রেখে কাপলিং আবদ্ধ করি তবে সাফ্‌ট সমূহের উপর সর্বদা একটা ষ্ট্রেস (Stress) থেকে যাবে যাহা গ্রহনযোগ্য নয়। তাছাড়া অক্ষরেখার উপর তিনটি ঢেউ সৃষ্টি করে সাফ্‌ট অবস্থান করা এবং ঘুরা ডায়নামিক (Dynamic) সূত্র অনুসারে দোষণীয়। অতএব এই সমস্যাকে অতিক্রম করার জন্য ১ এবং ৬ নং বিয়ারিংকে অন্যগুলি থেকে খানিকটা উপরে রাখা হয়। ফলে ২ ও ৩ এবং ৪ ও ৫ এর 'V' আকারের কৌণিক বৈষম্য কমে আসে। তাছাড়া ১ ও ৬ নং বিয়ারিং'এর উপর শুধু একটি সাফ্‌ট ঝুলে থাকলে যেমন হত অনেকটা সেইরূপ একটি ঢেউ (Wave sag) যেন হয়ে থাকে তদরূপ অবস্থানে রাখা হয় যা দেখতে নিম্নের চিত্রের মতঃ



চিত্র নং—৪৬, পূর্বের অবস্থা পরিবর্তন করে গ্রহণযোগ্য অবস্থার রেখা চিত্র।

এইরূপ অবস্থানে এলাইনমেন্ট তথা সাফ্‌ট ঘুর্ননের জন্য পূর্বের অবস্থা থেকে অধিকতর উপযুক্ত। তিন বা ততোধিক সাফ্‌ট সম্পন্ন সমান্তরাল (Horizontal) মেসিনে এভাবেই এলাইনমেন্ট হয়ে থাকে। কতটা উপরে বা নীচে থাকবে সেটা ঐ যন্ত্র বা তার নির্দেশিকা পুস্তকের মান অনুসারে অবস্থান নির্ণয় করতে হবে। সাধারনতঃ এর পরিমাণ ৩ থেকে ৫ মিঃমিঃ হয়ে থাকে।

যে কোন যন্ত্রের নির্ভুল এলাইনমেন্ট (Perfect alignment) বলতে তার সমান্তরাল এবং কৌনিক বৈষম্য ০ হবে ইহাই বুঝায়। অর্থাৎ বন্ধনীর ০, ৯০, ১৮০, ২৭০ ডিগ্রী বরাবর ডায়াল ইন্ডিকেটরে ০ (শূন্য) প্রদর্শন করবে। বাস্তবে ইহা সম্ভব নয়। অতএব নির্ধারিত সীমার মধ্যে এই বৈষম্য থাকলেই আমরা সঠিক এলাইনমেন্ট (True alignment) হয়েছে বলব। সাধারণ যন্ত্রপাতি এলাইমেন্টের জন্য সচরাচর সীমা নির্ধারিত থাকে না। তবে যতটা সম্ভব ভাল এলাইনমেন্ট করার চেষ্টা করতে হবে। অর্থাৎ বৈষম্য যত কম হয় ততই ভাল। তবে গুরুত্বপূর্ন যন্ত্র যথা টারবো—জেনারেটর, কম্প্রেসার, ফিড পাম্প, ফোর্সড ড্রাপ্ট ফেন ইত্যাদি যন্ত্রপাতির জন্য প্রস্তুতকারক কর্তৃক বৈষম্যের

মাত্রা দেয়া থাকে। যদি মাত্রা উল্লেখ না থাকে তবে এই ধরনের যন্ত্রপাতির জন্য সাধারণভাবে যে বৈষম্য সীমা ধরা যায় তাহা নিম্নে দেয়া হল। আরেকটি বিষয় স্মরণ রাখতে হবে যে এলাইনমেন্ট কার্য্যে কৌণিক বৈষম্য দূরীকরণ অধিক গুরুত্বপূর্ন এবং এর বৈষম্য মাত্রাও সমান্তরাল বৈষম্য থেকে কম থাকে। একথা আগেই উল্লেখ করেছি যে বন্ধনীর প্রকার ভেদে বৈষম্য সীমার পার্থক্যও তুলনামূলক ভাবে গ্রহণযোগ্য। নিম্নের ছক থেকে এই জাতীয় বৈষম্য মাত্রা ও পার্থক্য সম্পর্কে জানা যাবেঃ

ছক নং–১৩, এলাইনমেন্টের গ্রহণযোগ্য মানের সীমা।

(Alignment Tolerances)

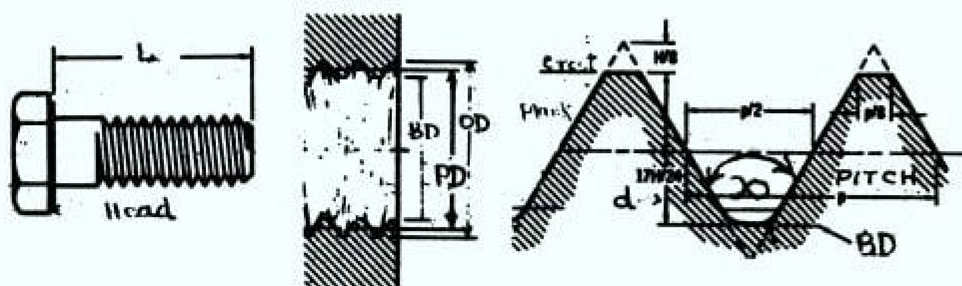
বন্ধনীর প্রকার ভেদ (Type of couplings)	গ্রহণযোগ্য সীমা (Allowable Tolerances)			
	সমান্তরাল (Radial)		কৌনিক (Axial)	
	মিঃ মিঃ,	ইঞ্চি	মিঃ মিঃ,	ইঞ্চি
কঠিন বন্ধনী (Rigid coupling)	0.04	0.0015	0.03	0.001
সহনযোগ্য বন্ধনী (Flexible coupling)	0.06	0.002	0.05	0.002
খাঁজ কাটা বন্ধনী (Jaw coupling)	0.08	0.003	0.08	0.003
গিয়ার দাত বন্ধনী (Gear Tooth coupling)	0.10	0.004	0.08	0.003

এলাইনমেন্ট সম্পর্কে যা বর্ণনা করা হয়েছে তাতে মূল উদ্দেশ্য প্রত্যেক ক্ষেত্রেই যে এক তা পরিষ্কার। তবে মেশিন ও কাপলিং অনুসারে প্রকৃতিগত পার্থক্য হতে পারে। সুতরাং মূল উদ্দেশ্য ঠিক রেখে, অর্থাৎ যন্ত্রদ্বয়ের সাফ্‌ট একই অক্ষ রেখায় থাকতে হবে এবং বন্ধনীদ্বয় সমান্তরাল ও কৌণিকভাবে বৈষম্যহীন হতে হবে। এই কথা মনে রেখে যে কোন পদ্ধতিতে মাপ পরিমাপ এবং সুবিধামত উপায়ে সিম পরিবর্তন করার কোন বাধা নেই। আরেকটি বিষয় চিন্তায় রাখতে হবে যে যন্ত্রটি চলমান পরিস্থিতিতে এবং ঘুর্ণায়মান অবস্থায় সঠিক সমকেন্দ্রিক রেখায় থাকাই আমাদের আসল প্রয়োজন। অতএব যন্ত্রদ্বয় চলমান অবস্থায় তাপ, চাপ, ওজন, শক্তি ও লুব্রিকেসন ইত্যাদির প্রভাবে যেটুকু পরিবর্তন আসতে পারে তা এলাইনমেন্ট করার সময় বিবেচনাধীন রাখতে হবে এবং সেইভাবে মাপ পরিমাপ স্থির করে এলাইনমেন্ট কার্য্য সম্পন্ন করতে হবে।

ষষ্ঠ অধ্যায়

বোল্ট, নাট ও থ্রেড
(BOLT, NUT AND THREAD)

প্রত্যেক যন্ত্রেই স্ক্রু,নাট, বোল্ট, ওয়াসার ইত্যাদির ব্যবহার হয়। সুতরাং এই বিষয়ে সাধারন জ্ঞান থাকা প্রয়োজন। যন্ত্রের দুটি অংশকে সহজ ও অস্থায়ী ভাবে বাধার জন্য বোল্ট ও নাটের ব্যবহার হয়। চিকন ব্যাসের বোল্টকে স্ক্রু বলা হয়ে থাকে। বোল্টের বাহিরের দিকে এবং নাটের ভিতরের দিকে প্যাচ বা থ্রেড থাকে যা একে অপরের সঙ্গে সংযুক্ত হতে সাহায্য করে। থ্রেড বহু প্রকারের হতে পারে। মূলতঃ থ্রেডের খাজের আকার ইংরেজী 'V' এর মত। কোন কোন থ্রেডের এই 'V' এর মাথা কিছুটা চেপ্টা বা গোলাকৃতির হয়ে থাকে। বোল্টের ব্যাস কত ও প্রতি ইঞ্চি দৈর্ঘ্যে কয়টা থ্রেড থাকবে ইহা বোল্টের বড় পরিচয়। ব্যাস যত কম হবে, প্রতি ইঞ্চিতে থ্রেড সংখ্যা তত বেশী হবে। তবে ষ্ট্যান্ডার্ড ও ব্যবহারের রকমফেরের জন্য এর পার্থক্য হয়ে থাকে। প্যাচ বা স্ক্রুর সাধারন গঠন ও তার বিভিন্ন অংশের নামকরণ নিম্নের চিত্রে দেখান হলঃ



চিত্র নং ৪৭, স্ক্রুর গঠন প্রকৃতি।

OD = বাহিরের ব্যাস বা মেজর ডায়ামিটার

PD = মধ্যম ব্যাস বা পিচ ডায়ামিটার

BD = মুল ব্যাস বা মাইনর ডায়ামিটার

d = প্যাচের গভীরতা বা থ্রেড ডেপ্‌থ
∞ = প্যাচ কোন বা থ্রেড এঙ্গল
p = পিচ বা এক থ্রেড হতে অন্যটির দূরত্ব
L = বোল্টের দৈর্ঘ্য।

বিভিন্ন দেশে তাদের নিজস্ব আদর্শমান (standard) অনুসারে প্যাচের আকৃতি ধার্য্য করেছে। তবে এদের মধ্যে যথেষ্ট মিল রয়েছে। পৃথিবীতে সাধারণ ভাবে এবং বেশীর ভাগ ক্ষেত্রে ইউনিফাইড (Unified) স্ট্যান্ডার্ড থ্রেডের ব্যবহার দেখা যায়। তবে আমাদের দেশে বৃটিশ হুইট ওয়ার্থ (British Whitworth) স্ট্যান্ডার্ড থ্রেডের প্রচলন অধিক। কারিগরী ক্ষেত্রে প্রাধান্য প্রাপ্ত স্ট্যান্ডার্ডগুলি সম্পর্কে নিম্নে সামান্য আলোচনা করা হলঃ

আমেরিকান ন্যাশনাল থ্রেড (American National Thread) ঃ– আমেরিকার নিজস্ব ব্যবহৃত থ্রেডের টাইপকে আমেরিকান ন্যাশনাল থ্রেড বলে। এই প্যাচের কোণ ৬০° এবং মাথা ভোতা। এই প্যাচ দুই মানের হতে পারে। অর্থাৎ সাধারণ কাজের জন্য(American National Course বা সংক্ষেপে N.C এবং বিশেষ কাজের জন্য American National Fine বা সংক্ষেপে N.F নামকরণ হয়েছে। ফিট বা clearance, tolerance অনুসারে আবার কয়েকটি পর্য্যায়ক্রমে ভাগ আছে। যেমন লুজ ফিট হলে ফিট–1,ফ্রি ফিট হলে ফিট –2, মাধ্যম ফিট হলে ফিট –3, মোটামুটি টাইট হলে ফিট –4, টাইট বা শক্ত ফিট হলে ফিট –5 বলা হয়।

ব্রিটিশ স্ট্যান্ডার্ড হুইট ওয়ার্থ (Britsh Standard Whitwoth বা BSW)ঃ– এই থ্রেড বৃটেনের আদর্শ মান ও প্রচলিত থ্রেড। আমাদের দেশ এক সময় বৃটিশের অধীনে ছিল বলে এই থ্রেডের প্রচলন এখানে শুরু হয় এবং এখনও এই মানের ব্যবহার অধিক। এক ইঞ্চি দৈর্ঘ্যে কতটা থ্রেড (Thread per inch) বা সংক্ষেপে T.P.I. অনুসারে এর প্রকৃতি বিচার হয়। ইহার থ্রেড কোণ ৫৫° এবং গভীরতা d=0.640327P। থ্রেডের মাথা ও মূল সাধারনতঃ গোলাকৃতির হয়। সাধারন কাজের জন্য এই থ্রেড উপযুক্ত। শক্ত কাজের জন্য এবং যে সব যন্ত্রে কম্পন এবং সঞ্চালন আছে সে ক্ষেত্রে ব্রিটিশ স্ট্যান্ডার্ড ফাইন থ্রেড (Britsh Standard Fine Thread) বা B.S.F Thread ব্যবহৃত হয়। এতে T.P.I বেশী অর্থাৎ প্রতি ইঞ্চিতে থ্রেডের সংখ্যা B.S.W, এর চেয়ে বেশী। B.S.W এবং B.S.F থ্রেডের পরিমাপ তালিকা নিম্নে দেয়া হলঃ

ছক নং —১৫, বি, এস, ডব্লিউ এবং বি, এস,এফ থ্রেডের আনুপাতিক পরিমাপ।

বাহিরের ব্যাস ইঞ্চিতে	প্রতি ইঞ্চিতে থ্রেড সংখ্যা		মূল ব্যাস, ইঞ্চিতে	
	বি,এস, ডব্লিউর জন্য	বি,এস, এফ–র জন্য	বি,এস,ডব্লিউর, জন্য	বি,এস এফ, র জন্য
$\frac{১}{৮}$=০·১২৫	৪০	–	০·০৯৩০	–
$\frac{৩}{১৬}$=০·১৮৭৫	২৪	৩২	০·১৩৪১	০·১৪৭৫
$\frac{১}{৪}$=০·২৫	২০	২৬	০·১৮৬০	০·২০০৮
$\frac{৫}{১৬}$=০·৩১২৫	১৮	২২	০·২৮১৩	০·২৫৪৩
$\frac{৩}{৮}$=০·৩৭৫	১৬	২০	০·২৯৫০	০·৩১১০
$\frac{৭}{১৬}$=০·৪৩৭৫	১৪	১৮	০·৩৪৬১	০·৩৬৬৩
$\frac{১}{২}$=০·৫০	১২	১৬	০·৩৯৩২	০·৪২০০
$\frac{৯}{১৬}$=০·৫৬২৫	১২	১৬	০·৪৫৫৭	০·৪৮২৫
$\frac{৫}{৮}$=০·৬২৫	১১	১৪	০·৫০৮৬	০·৫৩৩৬
$\frac{৩}{৪}$=০·৭৫	১০	১২	০·৬২২০	০·৬৪৩২
$\frac{৭}{৮}$=০·৮৭৫	৯	১১	০·৭৩২৪	০·৭৫৮৬
১ =১·০	৮	১০	০·৮৪০০	০·৮৭২০
১$\frac{১}{৪}$=১·২৫	৭	৯	১·০৬৭০	১·১০৭৮
১$\frac{১}{২}$=১·৫০	৬	৮	১·২৮৬৬	১·৩৪০০
১$\frac{৩}{৪}$=১·৭৫	৫	৭	১·৪৯৩৮	১·৫৬৭০
২=২·০০	৪·৫	৭	১·৭১৫৪	১·৮১৭০

সুক্ষ্ম কাজের জন্য ছোট সাইজের স্ক্রুতে কিছুটা ভিন্ন ধরনের থ্রেড বৃটেনে চালু আছে। একে বৃটিশ এসোশিয়েশন থ্রেড (Britsh Association Thread বা B.A thread) বলে। মাপক যন্ত্র, ঘড়ি ও অন্যান্য সুক্ষ্ম যন্ত্রপাতিতে এর ব্যবহার হয়। এই থ্রেডের T.P.I সংখ্যা বেশী থাকে এবং থ্রেড কোণ $৪৭\frac{১}{২}°$। এই স্ক্রুগুলির ব্যাস $\frac{১}{৪}$ ইঞ্চির কম হয়ে থাকে। ব্যাসের মাপের পরিবর্তে সংখ্যা মান দিয়ে এর সাইজ প্রকাশ করা হয়। নং–'০' স্ক্রর ব্যাস ০·২৩৬ ইঞ্চি বা ৬ মিঃমিঃ, এর থ্রেড সংখ্যা ২৫·৪। নং –১ এর ব্যাস ০·২০৯ ইঞ্চি ও প্যাচ সংখ্যা ২৮·২। এই ভাবে নং –১৫ এর ব্যাস হল ০·০৩৫ ইঞ্চি এবং থ্রেড সংখ্যা হল ১২১।

ইউনিফাইড প্যাচ (Unified Thread)ঃ–একেক দেশে একেক রকম থ্রেডের আদর্শমান থাকায় ব্যবসায়িক ক্ষেত্রে এবং যন্ত্র মেরামতের সময় ভিন্ন ভিন্ন দেশের মেসিন হলে কাজের অসুবিধা হয়। এই সব বিবেচনা করে আমেরিকা, কেনাডা, বৃটেন সহ আরো কয়েকটি দেশ মিলে ১৯৪৮ সালে একমত হয় যে আন্তজার্তিক ভিত্তিতে একই মাপ ও মানের থ্রেড সব দেশ অনুসরন করবে। এর নামকরণ করা হয় ইউনিফাইড থ্রেড। এই থ্রেড প্রকৃতি অনেকটা আমেরিকান ন্যাশনাল থ্রেডের মত বা তার সাথে সামান্য পরিবর্তনশীল। তবে মূল ব্রিটিশ থ্রেডের মত গোলাকৃতির। প্রতি ইঞ্চিতে প্যাচের সংখ্যার তারতম্য অনুসারে ইউনিফাইড থ্রেড তিন ভাগে ভাগ করা হয়েছে। (১) ইউনিফাইড ন্যাশনাল কোর্স (Unified National Course বা UNC), (২) ইউনিফাইড ন্যাশনাল ফাইন বা UNF, (3) ইউনিফাইড ন্যাশনাল এক্সট্রা ফাইন বা UNE

আবার সংযোগের মাপ বা ফিটের তারতম্য অনুসারে এগুলিকে পাঁচটি শ্রেণীতে ভাগ করা হয়েছে যথা –1A, 2A, 3A, 4A, 5A, ভিতর প্যাচের (Internal Thread) জন্য, বহির্প্যাচের (External Thread) জন্য শ্রেণী ভাগ হল যথা– 1B, 2B, 3B, 4B, 5B।

যে কোন থ্রেডের পরিচয় বা নামকরণ করার সময় নিম্নলিখিত উপায়ে করা হয়ে থাকে। তবে ইউনিফাইড থ্রেডের বেলায় এই নিয়ম বিশেষভাবে

প্রযোজ্য।যেমনঃ– $\frac{3}{4}$ 10 UNC 2A LH, অর্থাৎ

$\frac{3}{4}$	I0	UNC	2A	LH
ন্যাশনাল ব্যাস সাইজ	প্রতি ইঞ্চিতে থ্রেডের সংখ্যা	থ্রেডের নাম রকম	থ্রেডের শ্রেণী বা ক্লাশ	লেফট হ্যান্ড থ্রেড। কোন কিছু লেখা না থাকলে, থাকলে রাইট হ্যান্ড থ্রেড ধরতে হবে।

আন্তর্জাতিক মেট্রিক থ্রেড (International Metric Thread)-

ইউরোপ,আমেরিকা ও এশিয়ার বিভিন্ন দেশের থ্রেডের মানের সাথে মিল রেখে International Standard Organisation -(ISO) মেট্রিক থ্রেড পদ্ধতির প্রচলন করেছে। বর্তমান যুগে এই পদ্ধতির কদর বাড়ছে। মূলত ইউনিফাইড থ্রেডের সাথে উল্লেখযোগ্য কোন পার্থক্য নাই। এই পদ্ধতিতে নাট বোল্টের থ্রেড পরিচয় সহজ ভাবে দেয়া যায়। যেমন M 20 X 60 বলতে আমরা বুঝব মেট্রিক থ্রেড অনুযায়ী এর ব্যাস ২০ মিঃমিঃ ও দৈর্ঘ্য ৬০ মিঃমিঃ। যদি M20 X 3 X 60 বলা হয় তাহলে ৩ হল থ্রেড পিচ অর্থাৎ যে কোন এক থ্রেডের মাথা হতে নিকটবর্তী থ্রেডের মাথার দূরত্ব ৩ মিঃমিঃ।

উপরোল্লিখিত থ্রেড ছাড়াও বিশেষ বিশেষ কাজে ব্যবহারের জন্য বিভিন্ন প্রকারের থ্রেডের বিভিন্ন নাম হয়ে থাকে। তবে সবগুলির প্রয়োজন ক্ষেত্র অত্যন্ত স্বল্প।

থ্রেডের সংখ্যা বের করার পদ্ধতি হল বোল্টের ব্যাস মেপে সেই অনুসারে তালিকা দেখে থ্রেড সংখ্যা বলা নতুবা স্কেলের সাহায্যে এক ইঞ্চি পরিমাণ দৈর্ঘ্যে কয়টা থ্রেড আছে গুনে নেয়া যদি কোন ছিদ্রের ভিতরের থ্রেড মাপার প্রয়োজন হয় তাহলে ঐ ব্যাস পরিমাপের একটি কাঠের রড ঢুকিয়ে কয়েক পাক দিলে কাঠের গায়ে থ্রেডের দাগ বসে যায়। যা থেকে থ্রেড সংখ্যা বের করা সম্ভব।

থ্রেড মাপার জন্য বিভিন্ন প্রকারের থ্রেড গেজ আছে যা থ্রেডের খাজের উপর বসিয়ে মিলিয়ে দেখতে হয়। থ্রেড গেজের যেই ফলাটি সঠিকভাবে মিলে থাকে তার গায়ের মাপ অনুসারেই সেই থ্রেডের পরিমাপ হবে। যথাযথভাবে থ্রেড মাপার জন্য তিন তার (Three wire) পদ্ধতি এবং অন্যান্য ইনষ্ট্রুমেন্টাল পদ্ধতির ব্যবহার হয়ে থাকে যা যন্ত্রসংরক্ষণে বিশেষ প্রয়োজনীয় নয়।

আধা ইঞ্চির অধিক ব্যাসের B.S.W থ্রেডের সংখ্যা বের করার সহজ সূত্র হল –

$$\text{ইঞ্চি প্রতি প্যাচের সংখ্যা} = \frac{২৫}{২ \times \text{ইঞ্চিতে বোল্টের ব্যাস} + ১}$$

সংখ্যাটি ভগ্নাংশ হলে নিকটস্থ পুর্ণ সংখ্যা ধরে নিতে হবে। যেমন T.P.I = ৯.২ হলে ৯ ধরতে হবে, ৯.৫ হলে ৯ ও ৯.৭ হলে ১০ ধরতে হবে।

টেপ ও ডাইঃ–প্যাচ কাটার জন্য টেপ ও ডাই ব্যবহৃত হয়। লেদ মেশিনে এবং অন্যান্য যন্ত্রে প্যাচ কাটার কাজ অধিক হয়ে থাকে। তবে যন্ত্র সংরক্ষণ করতে গিয়ে মেকানিকসদেরও অনেক সময় প্যাচ কাটার কাজ করতে হয়। টেপ ও ডাই অনেক রকমের হতে পারে। কাজ ও স্থান অনুসারে উহা নির্ধারন করে নিতে হবে। টেপ দ্বারা কোন যন্ত্র বা ছিদ্রের আভ্যন্তরীন প্যাচ কাটা হয় এবং ডাই দ্বারা বাহিরের প্যাচ কাটা হয়।

প্রতি ব্যাসের পরিমাপের জন্য দুটি বা তিনটি টেপ ব্যবহৃত হয় যাকে টেপ সেট বলা হয়। সাধারনতঃ ছোট ব্যাসের টেপ সেটে দুটি এবং বড় ব্যাসের সেটে তিনটি করে টেপ থাকে।একটি টেপ দিয়ে প্যাচের পূর্ন আকৃতি একবারে কাটা সম্ভব নয় বলে সেটের দুটি বা তিনটি টেপ পর পর ব্যবহৃত হয়। প্রথমটির মাপ দ্বিতীয়টির চেয়ে কম এবং দ্বিতীয়টির মাপ তৃতীয়টির চেয়ে কম। তৃতীয়টি যথাযথ মাপের এবং থ্রেডে সম্পূর্ণ গভীরতা তৈরীতে সক্ষম। টেপ চালনা করার জন্য টেপ হ্যান্ডেল বা টেপ রেঞ্চ ব্যবহার করা হয়।

কোন যন্ত্র, যন্ত্রাংশ বা নাটে প্যাচ কাটতে হলে প্রথমে তার কেন্দ্র স্থির করে নিতে হবে এবং সেখানে পাঞ্চ দিয়ে বিন্দু তৈরী করতে হবে। অতপর টেপ সাইজ ড্রিল দিয়ে ছিদ্র করে নিতে হবে। ছিদ্রের সাইজ বড় হলে পর্যায়ক্রমে ছোট থেকে বড় ড্রিল ব্যবহার করতে হবে। লক্ষ্য রাখতে হবে ছিদ্রটি যেন খাড়া এবং

বরাবর হয়। ছিদ্রের ব্যাস একটি গুরুত্বপূর্ণ বিষয়। অর্থাৎ ছিদ্রটি থ্রেডের মাইনর ব্যাস বা টেপের মূল ব্যাসের সমপরিমাণ হয়। যদি ছিদ্রের সাইজ বড় হয় তবে থ্রেডের গভীরতা কম হবে এবং যদি ছোট হয় তবে টেপ চালনা কষ্টকর হবে বা টেপ ভেঙ্গেও যেতে পারে। সুতরাং প্রত্যেক মাপের টেপের জন্য সঠিক মাপের ছিদ্র করার জন্য সঠিক সাইজের ড্রিল ব্যবহার করা উচিৎ, যাকে টেপ সাইজ ড্রিল বলা হয়। টেপ সাইজ ড্রিলের পরিমাপ বের করার জন্য সাধারন সূত্রাবলী দেয়া হল।

টেপ সাইজ ড্রিল = টেপের ব্যাস –প্যাচের উভয় দিকের গভীরতা =
টেপের ব্যাস–২ x প্যাচের গভীরতা

বি,এস, ডব্লিউ; বি,এস,এফ ও আমেরিকান ন্যাশনাল থ্রেডের

প্যাচের গভীরতা = ২ x ০·৬৪০৩ x পিচ
= ১·২৮০৬ x পিচ
$= ১·২৮০৬ \times \frac{১}{\text{টি·পি·আই (T.P.I)}}$

যেহেতু পিচ $= \frac{১}{\text{প্রতি ইঞ্চিতে প্যাচের সংখ্যা}}$

সুতরাং B.S.W টেপ সাইজ ড্রিল = টেপের ব্যাস − $\frac{১·২৮০৬}{\text{টি· পি· আই}}$

সাধারণ কাজের জন্য টেপ সাইজ ড্রিল সামান্য বড় হলেও চলে। সে ক্ষেত্রে টেপ সাইজ ড্রিল = টেপের ব্যাস − $\frac{১·৩}{\text{টি· পি· আই}}$

এই সূত্র ব্যবহারের দ্বারা যেই পরিমাপ পাওয়া যাবে তার নিকটস্থ প্রমান সাইজের ড্রিল ব্যবহার করতে হবে। ড্রিল সাইজ ছোট হওয়ার চেয়ে সামান্য বড় হলে ততটা দোষণীয় নয়।

ছিদ্র করা হয়ে গেলে টেপ সেটের প্রথম টেপটি যার মাথা বেশী ঢালু তা খাড়া ভাবে ছিদ্রের মুখে বসাতে হবে এবং তা লম্বালম্বি আছে কিনা ট্রাইস্কয়ার দ্বারা পরীক্ষা করা যেতে পারে। অতঃপর শক্তভাবে টেপরেঞ্চের হাতল ধরে নীচের দিকে চাপ রেখে ঘুরাতে হবে। কয়েকটা পাক দেয়ার পর আবার উল্টা দিকে

ঘুরাতে হবে যেন ভিতরের প্যাচের আলগা ধাতু ভেঙ্গে গুড়া হয়ে যায়। টেপ চালনা করার সময় লুব্রিকেন্ট ব্যবহার করা প্রয়োজন। টেপ খাড়াভাবে যাচ্ছে কিনা মাঝে মাঝে পরীক্ষা করে দেখতে হবে। কিছুটা পার্থক্য লক্ষ্য করলে পরবর্তী পাকের সময় তা আড়াআড়ি চাপ দিয়ে ভারসাম্য ফিরিয়ে আনতে হবে। টেপের দৈর্ঘ্য বেশী হলে টেপকে মাঝে মাঝে বের করে ভিতরের ধাতুগুড়া পরিষ্কার করে নিতে হবে। স্থায়ী যন্ত্র হলে চাপমান বাতাস দিয়ে ছিদ্র পরিষ্কার করে ফেলতে হবে। প্রথম টেপটি চালনা সপন্ন হলে একই ভাবে পরপর সেটের অন্য টেপগুলিও চালনা করতে হবে। থ্রেড কাটা শেষ হলে বোল্ট ঢুকিয়ে দেখতে হবে থ্রেড ঠিক হয়েছে কিনা। বোল্ট ঢুকান শক্ত হলে সেটের শেষ টেপটি আবারও ২/১ বার চালিয়ে থ্রেডকে সঠিক আকৃতিতে আনতে হবে।

কোন বোল্ট,দন্ড বা পাইপের বাহিরের দিকে প্যাচ কাটার জন্য ডাই ব্যবহার হয়। ইহা দেখতে অনেকটা চেপটা নাটের মত। ডাইকে ডাইরেঞ্চ বা হেন্ডেল ব্লকে বসিয়ে টাইট করে থ্রেড কাটার কাজ করা হয়।

ডাই অনেক রকম হতে পারে,তবে প্রধানতঃ দুই প্রকার ডাই বেশী কাজে লাগে। ছোট বোল্ট বা কম ব্যাসের দন্ডে প্যাচ কাটতে ব্লক বা সলিড ডাই ব্যবহার হয়। আধা ইঞ্চি উপরের ব্যাসের প্যাচ কাটার জন্য এডজাষ্টেবল ডাই ব্যবহার হয়ে থাকে। এতে সুবিধা হল এই যে ইহার ব্যাস ইচ্ছামত পরিবর্তন করা যায়। বোল্টের বা দন্ডের উপর যে ব্যাসের থ্রেড কাটতে হবে তাকে ঐ সাইজের ব্যাসে তৈরী করে নিতে হবে এবং মাথার সামান্য অংশ টেপার করে নিলে ভাল। অতঃপর উপযুক্ত আকৃতির ডাইকে সোজা করে বসিয়ে সমান্তরালভাবে হাতলকে ঘুরাতে হবে। ডাইয়ে পাতলা লুব্রিকেটিং তৈল কিছুক্ষণ পরপর ব্যবহার করতে হবে। ভারী কাজ হলে কুলিং ফ্লুইড ব্যবহার করা দরকার। টেপ ব্যবহার করার মত ডাইকেও পর পর উল্টা দিকে ঘুরাতে হবে এবং মাঝে মাঝে ধাতু গুড়া পরিষ্কার করে নিতে হবে। প্রথম বার সামান্য গভীরতার প্যাচ কাটতে হবে এবং আস্তে আস্তে ডাইয়ের আভ্যন্তরীন ব্যাস কমিয়ে দুই বা তিন বারে প্যাচের গভীরতা আনতে হবে। অতপর থ্রেড গেজ দিয়ে পরীক্ষা করে দেখতে হবে যে প্যাচ সঠিক হয়েছে কিনা। স্ট্যান্ডার্ড নাট পরিয়েও পরীক্ষা করা যায়।

পাইপ ও পাইপ থ্রেড ঃ– কলে কারখানায় ধাতু নির্মিত পাইপের ব্যবহার যথেষ্ট হয়ে থাকে। পাইপ লাইন পরিবর্তন বা নূতন পাইপ লাইন বসাতে

গেলে পাইপের উপর প্যাচ কাটার প্রয়োজন পরে।

পাইপ লোহা, তামা, পিতল ইত্যাদি ধাতুর হয়ে থাকে এবং বাজারে স্ট্যান্ডার্ড সাইজের পাইপ পাওয়া যায়। একই সাইজের পাইপের ধাতু পুরুত্ব (wall thickness) বিভিন্ন হয়ে থাকে। স্ট্যান্ডার্ড পাইপের বাহিরের ব্যাস একই থাকে, পূরুত্ব পরিবর্তনের সাথে ভিতরের ব্যাসের পরিবর্তন হয়। শক্ত কাজ বা অধিক চাপের লাইনে বেশী পুরত্বের পাইপ ব্যবহার করতে হয়। ব্যবহারের ক্ষেত্র অনুসারে পাইপের নির্মাণ ধাতু এবং পুরুত্ব নির্ণয় করতে হয়।

পাইপের পরিচয় তার নমিনাল ব্যাস (Normal diameter) দিয়ে হয়ে থাকে। এই ব্যাস বাহিরের ব্যাসের চেয়ে কম আবার ভিতরের ব্যাসের সমানও নয়। পুরত্ব অনুসারে সাধারন স্ট্যান্ডার্ড অনুযায়ী পাইপ তিন রকমের হয়। যেমন Normal strong, Extra strong, Double extra strong। বেশীর ভাগ ক্ষেত্রে পাইপের পূরুত্ব সিডিউল সংখ্যা (Schedule Number) দ্বারা বুঝান হয়। যখন নাম্বার কম, অর্থ পুরুত্ব কম। যেমন ৪০ সিডিউলের পুরুত্ব ৬০ সিডিউলের চেয়ে কম। সাধারণ কাজে ব্যবহৃত পাইপের নমিনাল ব্যাস, বাহিরের ব্যাস, ভিতরের ব্যাস এবং সিডিউল নাম্বার অনুসারে তাদের পুরুত্বের ভিন্নতা পরবর্তী পৃষ্ঠায় দেয়া তালিকা থেকে বুঝা যাবেঃ

পাইপের উপর থ্রেড কাটার জন্য ডাই 'এর ব্যবহার হয়। পাইপ ডাইয়ের কাটারগুলি চেজার ধরনের হয়। থ্রেডের মাথা ও তল ফ্লাট হয়। আমেরিকান স্ট্যান্ডার্ড পাইপ থ্রেড ইউনিফাইড স্ক্রু থ্রেডের মত, তবে এর প্যাচ কোন ৬০°। অধিকাংশ ক্ষেত্রে পাইপ থ্রেড টেপার হয়ে থাকে। সুতরাং বাহিরের প্যাচ কাটার ডাই এবং ভিতরের থ্রেড কাটার টেপ উভয়ই টেপার হয়ে থাকে। এই টেপারের পরিমান হল প্রতি ইঞ্চিতে $\frac{১}{১৬}$"। এই টেপার হওয়ার দরুন পাইপ ফিটিং করার সময় যতই ঘুরান হবে ততই টাইট ফিটিংস হবে। হাত দিয়ে ঘুরিয়ে প্রায় অর্ধেক থ্রেড পর্যন্ত টাইট দেয়া যায় এবং পূর্ণ টাইটের জন্য রেঞ্চ ব্যবহার করতে হয়। তার পরও টেপারের ২/৩ প্যাচ বাকী থাকতে পারে।

আমেরিকান আদর্শমান অনুসারে পাইপ থ্রেডকে নিম্নলিখিত সিম্বল দ্বারা চিহ্নিত করা হয়ে থাকে, যেমন ঃ- $\frac{3}{8}$-18-N.P.T

ছক নং—১৬, বাণিজ্যিক স্টীল পাইপের পরিমাপ।

পাইপের সাইজ		পাইপের ওয়ালের পুরুত্ব			
সাধারন (Nominal) সাইজ	বাহিরের ব্যাস OD ইঞ্চিতে	সিডিউল ২০	সিডিউল ৪০ Standard	সিডিউল ৮০ Ext.strong	সিডিউল ১৬০
১/৮	০·৪০৫	---	০·০৬৮	০·০৯৫	---
১/২	০·৫৪০	---	০·০৮৮	০·১১৯	---
৩/৮	০·৬৭৫	---	০·০৯১	০·১২৬	---
১/২	০·৮৪০	---	০·১০৯	০·১৪৭	০·১৮৭
৩/৪	১·০৫০	---	০·১১৩	০·১৫৪	০·২১৮
১	১·৩১৫	---	০·১৩৩	০·১৭৯	০·২৫০
১ ১/৪	১·৬৬০	---	০·১৪০	০·১৯১	০·২৫০
১ ১/২	১·৯০০	---	০·১৪৫	০·২০০	০·২৮১
২	২·৩৭৫	---	০·১৫৪	০·২১৮	০·৩৪৩
২ ১/২	২·৮৭৫	---	০·২০৩	০·২৭৬	০·৩৭৫
৩	৩·৫০০	---	০·২১৬	০·৩০০	০·৪৩৭
৩ ১/২	৪·০০০	---	০·২২৬	০·৩১৮	০·৪৩৭
৪	৪·৫০০	---	০·২৩৭	০·৩৩৭	০·৫৩১
৫	৫·৫৬৩	---	০·২৫৮	০·৩৭৫	০·৬২৫
৬	৬·৬২৫	---	০·২৮০	০·৪৩২	০·৭১৮
৮	৮·৬২৫	০·২৫০	০·৩২২	০·৫০০	০·৯০৬
১০	১০·৭৫০	০·২৫০	০·৩৬৫	০·৫৯৩	১·১২৫

অর্থাৎ পাইপের নমিনাল ব্যাস $\frac{৩''}{৮}$, থ্রেড সংখ্যা ১৮ প্রতি ইঞ্চিতে এবং N.P.T হল American National Standard pipe thread. অনুরূপ অন্য কয়েকটির অর্থ নিম্নরুপ

NPSC = American Standard Straight Coupling pipe thread
NPTR =American Standard Taper Railling pipe thread
NPSM= American Standard Straight mechanical pipe thread
NPSL =American Standard Straight Locknut pipe thread

যান্ত্রিক বন্ধক (Mechanical fasteners)- যন্ত্রের বিভিন্ন অংশকে আবদ্ধ করার জন্য অসংখ্য প্রকারের পদ্ধতি গ্রহন করা যেতে পারে। এর জন্য নানা প্রকারের নানা সাইজের যন্ত্র বন্ধনী ব্যবহার হতে পারে। এর মধ্যে বেশীর ভাগ ক্ষেত্রে বোল্ট, স্ক্রু ও স্টাডের (stud) ব্যবহার হয়। বোল্ট বলতে আমরা বুঝি, যখন যন্ত্রের দুটি অংশকে আবদ্ধ করার জন্য তাহাদের মধ্যস্থিত ছিদ্রের মধ্য দিয়ে যে ধাতু দন্ড ঢুকিয়ে দেয়া হয় এবং যার একদিকে থ্রেড থাকে যেখানে নাট লাগান হয় এবং অন্য দিকে মাথা থাকে (Head)। স্ক্রু বলতে আমরা বুঝি যার জন্য নাটের দরকার হয় না। অর্থাৎ যন্ত্রাংশের মধ্যেই থ্রেড করা থাকে যার সাথে স্ক্রুর থ্রেড মিলিত হয়ে যন্ত্রকে আবদ্ধ করে। তবে এই নামকরণ স্বতঃসিদ্ধ নয়। কেননা বোল্টকেও স্ক্রু হিসাবে এবং স্ক্রুকেও বোল্ট হিসাবে ব্যবহার করা যেতে পারে। কিন্তু স্টাড বলতে আমরা বুঝি যে দন্ডের উভয় দিকে বা পূর্ন দন্ডে থ্রেড থাকে যার উভয় দিকে নাট অথবা একদিকে নাট এবং অন্য দিকে যন্ত্রে স্ক্রু করা যায়।

নাট বোল্ট বা অন্যান্য যন্ত্র বন্ধনীর সাথে প্রায়ই ওয়াসার ব্যবহার করা হয়ে থাকে। ওয়াসার ব্যবহারের চারটি প্রধান কারণ হলঃ-

১। বোল্টের মাথা বা নাট বসার জন্য উপযুক্ত তল (Surface) পায় এবং জোড়নের শক্তি ওয়াসার অনুযায়ী অধিকতর স্থানে (area) ছড়িয়ে দিতে পারে।

২। যে সব যন্ত্রে কম্পন (Vibration) সৃষ্টি হয়ে থাকে সেখানে ধীরে ধীরে

বোল্ট তার থ্রেডের মধ্যে সরে গিয়ে লুজ হয়ে যায়। ওয়াসার ব্যবহারের ফলে তাহা ঘর্ষণ ক্ষমতা দ্বারা বোল্টকে ধরে রাখতে সাহায্য করে অর্থাৎ বোল্টকে ঘুরতে বাধা দেয়। ঘর্ষণ শক্তি অধিকতর করার জন্য ওয়াসারে দাঁত তৈরী করে দেয়া হয়।

৩। বোল্টের উপর সর্বদা একটা টান শক্তি কাজ করে। যদি তা বেশী হয় তবে দিনে দিনে বোল্ট লম্বায় সামান্য বেড়ে যায়। অধিক তাপ পরিবর্তনের কারণেও এমন হতে পারে। এতে বোল্ট তার প্রয়োজনীয় টান শক্তি হারায়। যদি স্প্রিং টাইট ওয়াসার ব্যবহার করা যায় তবে বোল্ট সামান্য বেড়ে গেলেও স্প্রিং সেই বোল্টকে টেনে ধরে রাখতে সাহায্য করে।

৪। অনেক সময় সঠিক দৈর্ঘ্যের বোল্ট পাওয়া না গেলে অধিক লম্বা বোল্টের সাথে কয়েকটি ওয়াসার দিয়ে আয়ত্বের মধ্যে নিয়ে আসা যায়। ইহা ছাড়াও যন্ত্র সংযোজনে অনেক ক্ষেত্রেই ফাঁক পূরনের জন্য ওয়াসারের ব্যবহার হয়ে থাকে।

গুরুত্বপুর্ণ নাট–বোল্ট যা লুজ হয়ে গেলে দুর্ঘটনার সম্ভাবনা আছে বা যন্ত্রের ক্ষতি হতে পারে অথবা যে ক্ষেত্রে যন্ত্রের কম্পন ও গতির ফলে নাট বোল্ট লুজ হয়ে খোলে পড়ার সম্ভাবনা থাকে; সেখানে নাট বোল্ট, স্ক্রু বা ষ্টাডকে দৃঢ়ভাবে আবদ্ধ করার জন্য লকিং এর ব্যবস্থা করা হয়। অনেক প্রকারের এই লকিং করা যেতে পারে তবে সচরাচর নিম্নলিখিত উপায়ে করা হয়ঃ

কটার পিন ঃ– ইহা এক বা দুইটি তারের ফলা যা নাট–বোল্টের অথবা নাটের পরে শুধু বোল্টের ছিদ্র দিয়ে ঢুকিয়ে মাথা বাকিয়ে দেয়া হয়।

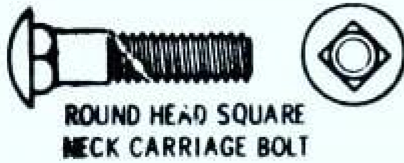
জাম নাট ঃ– এক জোড়া নাট একত্রে টাইট দিলে অথবা একটি অন্যটির পিঠে শক্ত ভাবে টাইট দিলে ইহা থ্রেডের উপর আভ্যন্তরীন চাপ সৃষ্টি করে একটি অপরটির সাথে লকআপ হয়ে যায়।

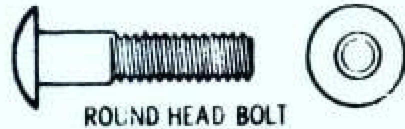
লক নাট ঃ– ইহা বিশেষ ধরণের নাট যাহা বোল্টের সাথে লকআপ হওয়ার নিজস্ব ব্যবস্থা থাকে অথবা ব্যবস্থা রাখা হয়। এই সব লক নাটকে আলাদা নামেও চিহ্নিত করা থাকে। যেমন আনকো নাট, ট্রাই লক নাট, উইং নাট ইত্যাদি।

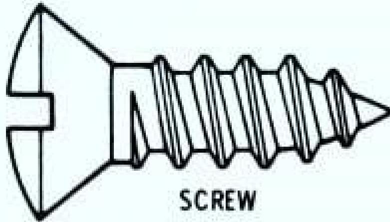
পৃষ্ঠায় কয়েকটি নাট, বোল্ট ,স্ক্রু, স্টাড ও ওয়াসারের নমুনা চিত্রে দেখান হল।



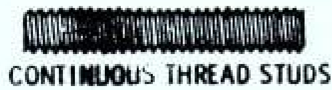




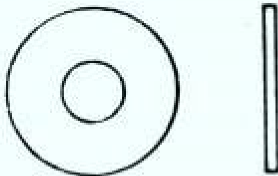






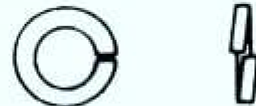






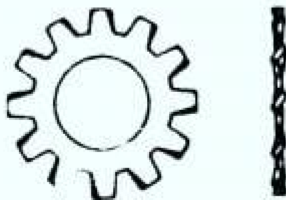
PLAIN

WASHER

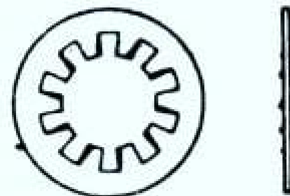


HELICAL SPRING

WASHER



EXTERNAL TOOTH



INTERNAL TOOTH

চিত্র নং—৪৮, বোল্ট, নাট, স্ক্রু ও ওয়াসার।

কোন বোল্ট বা স্ক্রুকে কতটা টাইট দেয়া প্রয়োজন তার আন্দাজ থাকা দরকার। যদি টাইট কম দেয়া হয় তবে যন্ত্র চলাকালীন বোল্ট লুজ হয়ে যাবে, আবার অধিক পরিমানে টাইট দিলে বোল্ট লম্বা হয়ে বা বিকৃত হয়ে ভেঙ্গে যেতে পারে। সুতরাং বোল্টের উপর যন্ত্রের যতটা চাপ আসতে পারে তাহার চেয়ে খানিকটা বেশী টাইটের প্রয়োজন। সঠিক পরিমানে টাইট দিতে হলে Torque wrench এর দরকার। অর্থাৎ বোল্টের উপর কতটা শক্তি প্রয়োগ করা হল তা এই রেঞ্চের মাধ্যমে পরিমাপ করা যায়।

জোড়ন বা আবদ্ধ করণের সময় দু'টি গুরুত্বপুর্ণ বিষয় সম্পর্কে খেয়াল রাখতে হবে। প্রথম হল নাটবোল্ট, টাই রড বা যেকোন জোড়ন দন্ড কতটা শক্তিশালী ধাতু দ্বারা নির্মিত এবং দ্বিতীয় হল কতটা শক্তি এতে প্রয়োগ করা হল। বোল্ট বা স্ক্রুর মাথায় তার গ্রেড চিহ্ন বা সংখ্যা থাকে যা থেকে তার ধারনশক্তি বোঝা যায়। ছকে এ ধরনের একটি তালিকা দেয়া হলঃ

বোল্ট, স্ক্রু, ও নাট মেরামত
(REPAIR OF BOLT,SCREW, NUT):-

ক্ষয় হয়ে যাওয়া বা নষ্ট হয়ে যাওয়া বোল্ট বা স্ক্রু নূতন দিয়ে পরিবর্তন করাই শ্রেয়। একটি বা দু' টি প্যাচ খারাপ হয়ে থাকলে বা মাথা ভোতা হয়ে গিয়ে থাকলে তখন ঐ মাপের ডাই চালিয়ে খানিকটা সঠিক করা যায়। তাতে নাট পড়াতে বা স্ক্রু করতে অসুবিধা হয় না। অনুরূপভাবে নাট বা আভ্যন্তরীন প্যাচকেও টেপ চালিয়ে ঠিক করা যায়। নাট-বোল্ট জং ধরে গেলে বা অনেক দিন ব্যবহারের ফলে প্যাচের মাথা কিছুটা বিকৃত হওয়ার সম্ভাবনা থাকে। সে ক্ষেত্রে টেপ বা ডাই চালিয়ে উহাদেরকে পুনরায় ব্যবহার করা ভাল।

দীর্ঘদিন পরে কোন বোল্ট বা স্ক্রু খুলতে গেলে দেখা যায় যে তাহা অনেক শক্তি প্রয়োগে খোলা সম্ভব হচ্ছে না। সেক্ষেত্রে অধিক শক্তি প্রয়োগের ফলে বোল্ট ভেঙ্গে যেতে পারে। প্যাচের অভ্যন্তরে জং ধরা বা অক্সাইড গঠনের ফলে প্যাচের ফাঁক (clearance) পূর্ণ হয়ে বোল্ট জাম হয়ে যায়। এরূপ ঘটলে রাষ্টলিন,কেরোসিন বা রাষ্ট রিলিভিং স্প্রে (rust releaving spray) দিয়ে অর্ধেক বা একদিনের জন্য ফেলে রেখে পুনরায় খোলার চেষ্টা করতে হয়। যদিএতেও কাজ না হয় তবে গ্যাস টর্চ দিয়ে তাপ দিয়ে খোলা যেতে পারে। তাপ অল্প সময়ের জন্য বাহিরের গায়ে দিতে হয় যেন নাট বা আভ্যন্তরীন প্যাচের বডি

ছক নং—১৭ বোল্টের গ্রেড ও ধারণ শক্তির পরিমাপ।

গ্রেড –Grade		SAE 1-2	SAE 5	SAE 6	SAE 8
টান শক্তি (Tensile Strength)		64000 PSI	10500 PSI	130,000 PSI	150,000 PSI
গ্রেড চিহ্ন Grade Mark					
গ্রেড নম্বর Grade No.		ASTM A 307	ASTM A 449	ASTM A 325	ASTM A354
ধাতু মান Material Quality		Low Carbon Steel	Medium Carbon steel	Low alloy steel	Alloy steel
গ্রেড অনুসারে		বোল্টের শক্তি বহন ক্ষমতা ফুট পাউন্ড মাপে – Foot -lbs Torque			
বোল্ট ব্যাস	টি,পি, আই				
১/৪	২০	৫	৭	১০	১০
৩/৮	১৬	১৫	২৫	৩৪	৩৭
১/২	১৩	৩৭	৬০	৮৫	৯২
৫/৮	১১	৭৪	১২০	১৬৯	১৮০
৩/৪	১০	১২০	২০০	২৮০	২৯৬
১	৮	২৮২	৪৬৬	৬৬০	৭১৪

গরম হয়ে সম্প্রসারিত হয় এবং বোল্টের গায়ে বেশী তাপ না পৌঁছে। এমনি করার ফলে বোল্ট ও আভ্যন্তরীন প্যাচের মধ্যে কিছুটা ফাঁক (clearance) সৃষ্টি হয়ে যায়। ফলে বোল্ট খোলা সহজ হয়। যদি তাপ দিয়েও খোলা না যায় সে ক্ষেত্রে বোল্টকে কেটে বা ড্রিল করে বের করতে হবে।

বোল্ট বা স্ক্রু খুলতে গিয়ে ভেঙ্গে গেলে তাকে নিম্নলিখিত যে কোন উপায়ে বের করতে হবেঃ-

ক) কোন ধারাল মাথা বা ছেনীর মাধ্যমে ভাংগা অংশের মাথায় হাতুড়ি দিয়ে আঘাত করে ঘুরিয়ে খুলতে হবে।

খ) উল্টা প্যাচের একস্ট্রাকটর জাতীয় টেপ (Extractor tap) চালিয়ে ভাংগা অংশকে তুলে নেয়া যায়।

গ) যদি উপরের পদ্ধতিতে তোলা সম্ভব না হয় তাহলে ড্রিল চালিয়ে বোল্টকে বের করা যায়। অর্থাৎ বোল্টের মূল ব্যাসের চেয়ে সামান্য কম (আনুমানিক ১ মিঃমিঃ কম) ব্যাসের ড্রিল দিয়ে বোল্টের মাঝামাঝি ছিদ্র করে দিলে থ্রেড লুজ হয়ে যায়। কখনো ড্রিলের সাথে এমনিতেই বের হয়ে আসে। যদি বোল্টের থ্রেড সম্পূর্ণ নষ্ট হয়ে যায় বা ব্যবহারের অনুপযোগী হয়ে পড়ে তাহলে ঐ থ্রেডকে নষ্ট করে তার উপর কম ব্যাসের নূতন প্যাচ কাটা যায় এবং নূতন নাটের সাথে ব্যবহার করা চলে, যদি শক্তি বা ব্যাবহারের সুযোগের মধ্যে থাকে। তেমনি আভ্যন্তরীন থ্রেড নষ্ট হয়ে গেলে সেখানে উহার পরবর্তী বড় মাপের টেপ চালিয়ে নূতন বোল্ট ব্যবহার করতে হবে।

পুরাতন বোল্ট –নাট ,স্ক্রু ব্যবহারের আগে বা পুনঃ ব্যবহারের পূর্বে তাকে ভালভাবে পরিষ্কার করে, প্রয়োজনে কেরোসিন ও ব্রাস দিয়ে মুছে ব্যবহার করা উচিৎ। যে সব ক্ষেত্রে স্ট্রেস বেশী,তাপ বেশী এবং জং ধরার সম্ভাবনা বেশী সেখানে বোল্ট ও স্ক্রুর গায়ে এন্টিসিজ তৈল (Antisiege Liquid, compound, spray) বা গ্রীজ দিয়ে নাট –বোল্ট ও স্ক্রু লাগাতে হয়।

সপ্তম অধ্যায়

বিয়ারিং
(BEARING)

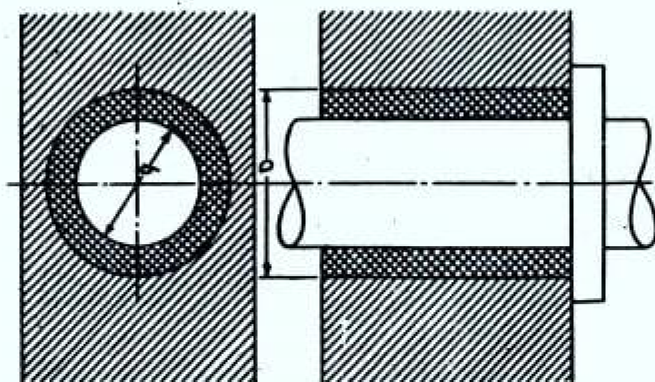
ঘূর্ণায়মান সাফটকে অথবা চক্রদন্ডকে অধিক নিপুণতা এবং জড়তাহীন ভাবে সঠিক স্থানে ধরে রাখার জন্য যে যন্ত্রাংশ ব্যবহার হয় তাকে বিয়ারিং বলে। বিয়ারিং যন্ত্রের একটি গুরুত্বপূর্ণ অংশ। ইহা যন্ত্রের ঘূর্নায়মান সাফ্‌টকে এমনভাবে ধরে রাখে যেন এর অবস্থান সঠিক থাকে, এবং ঘর্ষণ জনিত ক্ষয় কম হয় এবং নগন্য পরিমান শক্তি ব্যয় হয়। ইহা ঘূর্ণায়মান যন্ত্রাংশের ওজনও বহন করে। বিয়ারিং এর ধরন ও প্রকৃতি অসংখ্য রকম হলেও ইহাকে প্রধানতঃ দুইভাগে ভাগ করা হয়েছে। যথা প্লেইন বিয়ারিং (Plain bearing) ও এন্টিফ্রিকসন বিয়ারিং (Antifriction bearing)। প্লেইন বিয়ারিং'এ সাফ্‌ট বিয়ারিং খোলসের মধ্যে প্রতিসড়ন (Relative sliding motion) হয়ে ঘুরে এবং এন্টিফ্রিকসন বিয়ারিং 'এ সাফ্‌ট বিয়ারিং রোলারের মাধ্যমে আবর্তিত (rolling motion) হয়।

একটি বস্তু যখন আরেকটি বস্তুর মধ্যে ঘুরতে থাকে বা চলতে থাকে তখন ঘর্ষণজনিত কারণে থেমে যেতে চায় বা চলার পথে বাধাপ্রাপ্ত হয়। এই বাধাকে অতিক্রম করার জন্য কিছু কৌশলের আশ্রয় নেয়া দরকার হয়। যদি বস্তু দুটির মধ্যে সংযুক্ত ক্ষেত্রটি (Contact Surface) কম হয়, মসৃণ হয় এবং বস্তু দুটির সংযুক্ত অংশটিকে তৈলাক্ত করে রাখা হয় তবে বাধা অতিক্রম করা সহজ হয়। উদাহরণ স্বরূপ বলা যায় যে একটি প্লেটকে যদি টেবিলের উপরে ঠেলে দেয়া হয় তবে একটু গিয়ে উহা থেমে যাবে। যদি টেবিলটি অত্যন্ত মসৃণ হয় বা প্লেটের তলটি অথবা উভয়টি মসৃণ থাকে তাহলে আরো দূরে গিয়ে থামবে। যদি একটি সমান ওজনের প্লেট কিন্তু ইহার তলের আকার ছোট হয় তবে ইহার গতি (Sliding motion) আরো সহজ হবে। যদি টেবিল ও প্লেটের তলকে তৈলাক্ত করে দেয়া হয় তবে ইহা কম বাধাপ্রাপ্ত হবে। এবার প্লেটের নিচে কয়েকটি গোল কাঠি বা মার্বেল রেখে যদি ইহাকে ঠেলে দেয়া হয় তাহলে ইহার গতি

অনেকগুণে বেড়ে যাবে, কেননা এতে প্লেটের সাথে টেবিলের সংযোগ ক্ষেত্র অত্যন্ত কম হবে এবং কাঠি বা মার্বেলের আবর্তন গতি (Rolling motion) প্লেটকে এগিয়ে নিতে সাহায্য করবে। এই সব মূল নীতির (Basic principles) উপর ভিত্তি করেই বিয়ারিং তৈরী করা হয়েছে।

প্লেইন বিয়ারিং (Plain bearing):-

প্লেইন বিয়ারিং একটি সিলিন্ডারিকাল খোলস বা বুশ (Bush) যার মধ্যে সাফ্ট অবস্থান করে। ক্ষেত্র বিশেষে ইহা দুইটি অংশে ভাগ হতে পারে যা সাফ্টের উপর নীচে লাগিয়ে নাট -বোল্ট দিয়ে একত্রিকরণ করা হয়। এই ধরনের বিয়ারিংকে বুশ বিয়ারিং, স্লিভ বিয়ারিং এবং জার্নাল বিয়ারিং বলা হয়ে থাকে।

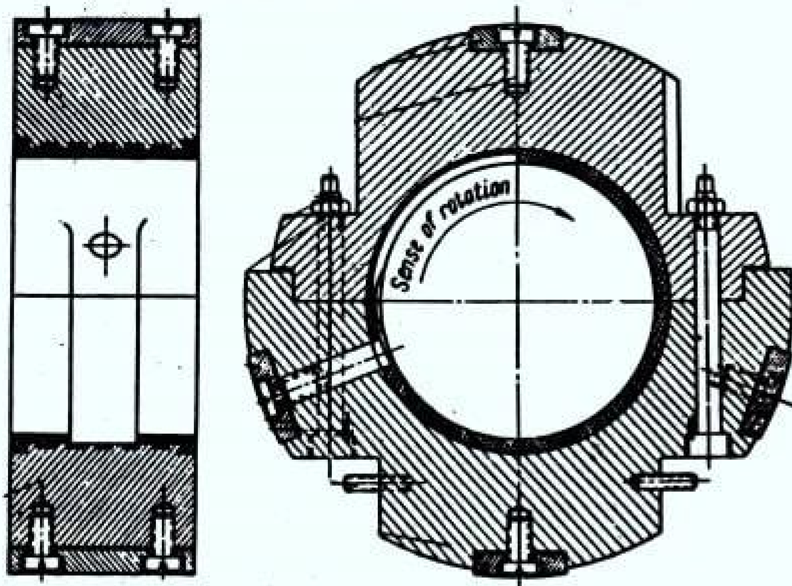


চিত্র নং—৪৯, বুশ বিয়ারিং

এই সব বিয়ারিং এর কার্য্য প্রকৃতি প্রায় একই তবে নির্মাণ প্রকৃতি এবং প্রয়োগক্ষেত্র ভিন্ন। বুশ বিয়ারিং নলাকার জাতীয় ধাতুর খোলস। সাধারণতঃ ছোট- খাট কাজে অধিক হারে ব্যবহার হয়ে থাকে। উপরে বুশ বিয়ারিং এর একটি চিত্র দেয়া হল। যে কোন একই মেটিরিয়াল হতে সহজ পদ্ধতিতে তৈয়ী করা হয়। বুশ তৈরীতে ব্রোঞ্জ ধাতু বহুল ভাবে ব্যবহার হয়। সাফ্ট থেকে মেসিনিং করে বুশ তৈয়ার করা যেতে পারে। সংখ্যায় অধিক হলে কাষ্টিং করা যায়। কোন কোন সময় ষ্টীল বা লোহার খোলসের ভিতর নরম ধাতু যেমন ব্রোঞ্জ বা বেবিটের আবরণ দিয়ে একে অধিক ভর বহন উপযোগী করা হয়। ইহার ক্লিয়ারেন্স ও সূক্ষ্মতা বিশেষভাবে বিচার্য্য নয়। যে কাজে ব্যবহার করা হবে সেই হিসাবে বুশ বিয়ারিং'এর মান ঠিক করা হয়।

স্লিভ বিয়ারিং, বুশ বিয়ারিং হতে আকারে বড় এবং অধিক ভর বহন উপযোগী হয়। এর নির্মাণ সূক্ষ্মতা প্রয়োজন। ইহা এক অংশে বা দুই অংশে অর্থাৎ স্প্লিট টাইপ (Split type) হতে পারে। অধিক ক্ষেত্রে মূল খোলসের ভিতরে অন্য ধাতুর আবরণ থাকে। লুব্রিকেটিং'এর জন্য তৈল ব্যবহার করা হয়। এর জন্য বিয়ারিং এর গায়ে খাঁজ কাটা থাকে।

জার্নাল বিয়ারিং আকারে বড় এবং অনেক বেশী ভর বহন উপযোগী করে তৈয়ী করা যায় বা করা হয়। সাধারণতঃ বড় মেসিনের সাফ্‌টে জার্নাল বিয়ারিং ব্যবহার হয়। যেমন টারবাইন বা বড় পাম্পের সাফ্‌টে লাগান হয়। ইহা দুই অংশে বিভক্ত থাকে যাতে সাফ্‌ট থেকে সহজে বের করে আনা যায়। বিয়ারিং'এর ভিতরের অংশে নরম, পিচ্ছিল ও ক্ষয়যুক্ত ধাতুর আবরণ থাকে। অধিক সূক্ষ্মতা এবং যত্ন সহকারে তৈরী হয়। বুশ এবং স্লিভ বিয়ারিং হতে নির্মাণ কৌশলগত পার্থক্যও আছে। এর ভিতরের গা (surface) অত্যন্ত মসৃণ থাকে। সাফ্‌টের যে অংশে বসবে অর্থাৎ জার্নালের আবরণটিও (Journal surface) অত্যন্ত মসৃণ থাকে। মসৃণতা কম হলে ঘর্ষণ বেশী হবে এবং তাপ উৎপাদন করবে যা কাম্য নয়। জার্নাল বিয়ারিং সর্বদা তৈলাক্ত অবস্থায় রাখা হয়। ব্যবহার ও নির্মাণ অনুসারে কি ধরনের তৈল বা গ্রীজ ব্যবহার হবে তাহা নির্ণয় হয়ে থাকে। তৈল ব্যবহারের জন্য বিয়ারিং এর উপরে বা মধ্য খানে ছিদ্র থাকে। এই ছিদ্র থেকে ভিতরের অংশে তৈল ছড়িয়ে পড়ার জন্য বিভিন্ন আকারের খাঁজ (groove) কাটা থাকে। টারবাইনে ব্যবহৃত একটি জার্নাল বিয়ারিং এর ছবি নিম্নে দেয়া হল।



চিত্র নং—৫০, একটি জার্ণাল বিয়ারিং'এর প্রধান অংশ সমূহ

একটি জার্নাল বিয়ারিং'এ নিম্নলিখিত অংশগুলি থাকে।

বিয়ারিং হাউজিং ঃ– বিয়ারিং'এর বাহিরের দিকে যন্ত্রের যে অংশে বসে তাহাকে বিয়ারিং হাউজিং বলে। ইহা গোলাকৃতির একটি কভার। ইহা দুই অংশে বিভক্ত থাকতে পারে।

বিয়ারিং লাইনিং ও সেল ঃ– বিয়ারিং'এর সম্পূর্ণ খোলসটিকে সেল (shell) বলে। ইহা দুটি অংশে হতে পারে। মূল অংশটি শক্ত কোন ধাতু দ্বারা তৈরী করা হয় এবং এর ভিতরের অংশে নরম বেবিট জাতীয় ধাতুর স্তর ঢালাই করে বসিয়ে মেসিন করা হয়। এই স্তরটিকে বিয়ারিং লাইনিং (Lining) বলে।

সাফ্‌ট জার্নালঃ– সাফ্‌টের যে মসৃণ অংশটি বিয়ারিং এর মধ্যে থাকে সেই অংশটিকে সাফ্‌ট জার্নাল বলে।

লুব্রিকেটিং ছিদ্র ও খাজঃ– বিয়ারিংকে সর্বদা তৈলাক্ত রাখার জন্য বাহির থেকে নিয়মিত এর ভিতরে তৈল বা গ্রীজ সরবরাহ করার জন্য ছিদ্র পথ রাখা হয়। এই তৈল বিয়ারিং'এর লাইনিং'এর সর্বত্র ছড়িয়ে পড়ার জন্য ডিজাইন অনুসারে খাজ কাটা থাকে।

সিম (shims)ঃ–এক ধরনের ধাতুর পাতলা সিট। এগুলি বিভিন্ন সাইজ ও পুরুত্বের হয়ে থাকে। প্রয়োজন অনুসারে কয়েকটি সিট একত্রে মিলিয়ে সার্বিক পুরুত্ব পাওয়া যায়। বিয়ারিং ক্লিয়ারেন্স কমানো বাড়ানোর জন্য বিয়ারিং সেলের মধ্যবর্তী স্থানে সিম যোগ করা হয়ে থাকে। পাতলা স্টীলের সিট থেকে সাইজ মত কেটে সিম বা সিমগুচ্ছ তৈরী করা যায়। স্টেনলেস সীলের সিমই অধিকাংশ ক্ষেত্রেব্যবহারযোগ্য।

যে সকল প্লেইন বিয়ারিং সাফ্‌টের রেডিয়াল ভার বহন করে তাহাকে রেডিয়াল বিয়ারিং বলে। অর্থাৎ সাফ্‌টের ওজন বিয়ারিং এবং লাইনিং লম্বালম্বিভাবে বহন করে। সহজ প্রকৃতির বুশ বিয়ারিং, জার্নাল বিয়ারিং ইত্যাদিকে ওজন বহন প্রকৃতির দিক থেকে রেডিয়াল বিয়ারিং ও (radial bearing) বলা যায়। যেহেতু সাফ্‌টের প্রধান ভর লম্বালম্বি ভাবে বিয়ারিংকে

বহন করতে হয় সেহেতু এই বিয়ারিং এর গুরুত্বই বেশী এবং অধিকাংশ বিয়ারিং এর অন্তর্ভুক্ত।

প্লেইন বিয়ারিং'এ সাফ্‌ট এবং বিয়ারিং এর আভ্যন্তরীন ব্যাস এর মধ্যে ফাক বা ক্লিয়ারেন্স থাকে। বিয়ারিং এবং হাউজিং এর মধ্যে ক্লিয়ারেন্স থাকে না, হস্তক্ষেপ ফিট (Push fit or Interference fit) করা হয়। বিয়ারিং সেল যাতে হাউজিং'এর ভিতর কোন অবস্থাতেই না নড়তে পারে সেজন্য অনেক ক্ষেত্রে ইহাকে লক পিন বা স্ক্রু দ্বারা আটকানো হয়।

সাফ্‌ট এবং বিয়ারিং এর মধ্যে কতটুকু ক্লিয়ারেন্স থাকবে বা অধিক সীমা কি পরিমাণ পর্যন্ত গ্রহণযোগ্য হবে ইহা নির্ভর করে ব্যবহার ক্ষেত্রের গুরুত্ব, সাফটের ভর (Shaft loading), ঘুর্ণন গতি এবং সাফ্‌টের ব্যাসের পরিমাপের উপর।

যদি ইহা বুশ বিয়ারিং বা স্লীভ বিয়ারিং হয় তবে নিম্নলিখিত পরিমাপ সাধারণভাবে ব্যবহারযোগ্য।

জার্নাল বিয়ারিং এর ক্ষেত্রে এই পরিমাপের কিছুটা তারতম্য হয়ে থাকে। বড় মেসিনপত্র যেমন টারবাইন, পাম্প, রোটারী কাটার ইত্যাদি যন্ত্রে যেসব জার্নাল বিয়ারিং ব্যবহার হয় তাদের ক্লিয়ারেন্স সাফটের ব্যাসের প্রতি ইঞ্চির জন্য ·০০১ ইঞ্চি বা প্রতি মিলিমিটারের জন্য ·০০১ মিঃমিঃ হয়ে থাকে। অর্থাৎ সাফটে ডায়ামিটারের এক হাজার ভাগের এক ভাগ হিসাবে ক্লিয়ারেন্স রাখা হয়। এই হিসাব সাধারণভাবে প্রযোজ্য হলেও মেসিনের লোড, ঘূর্ণন গতির উপর নির্ভর করে এর কম বেশী করা হয়ে থাকে। যার মাত্রা মেসিনের নির্দেশাবলী পুস্তকে দেয়া থাকে। ছোট জার্নাল বিয়ারিং বা স্লীভ বিয়ারিং'এ প্রতি ইঞ্চি ব্যাসের জন্য ০·০০২ ইঞ্চি এবং এর সাথে ০·০০১ ইঞ্চি যোগ করে যা হয় এই হিসাবে রাখার জন্য অনেক প্রস্তুতকারক নির্দেশ দিয়ে থাকে।

প্লেইন বিয়ারিং'এর সংরক্ষণ বা মেরামত পদ্ধতি ঃ–

প্লেইন বিয়ারিং দীর্ঘদিন চলার পর অথবা কোন যান্ত্রিক ত্রুটির জন্য সাফ্‌ট ও সেলের মধ্যকার ক্লিয়ারেন্স বেড়ে যায়। যদি ইহা নির্ধারিত সীমার বেশী হয়ে যায় তবে যন্ত্রে কম্পন সৃষ্টি হয়, শব্দ হয়, বিয়ারিং'এর তাপমাত্রা বেড়ে যায় এবং অন্যান্য ক্ষতিকর পরিস্থিতির সৃষ্টি করে। সুতরাং মাঝে মাঝে ক্লিয়ারেন্স কত

ছক নং—১৮, বুশ ও স্লিভ বিয়ারিং'এর পরিমাপ সমূহ

Normal bush bore in mm	Normal gap for fitting in mm	On unimportant places, Clearance in mm	গুরুত্বপূর্ণ স্থানে ক্লিয়ারেন্স মাত্রা যদি সাফটের ভর নিম্নরূপ হয়			
			Shaft loading upto $30 kg/cm^2$	Saft loading over $30 kg/cm^2$	Shaft loading upto $30 kg/cm^2$	Shaft loading over $30 kg/cm^2$
			Upto 1000 r.p.m.	Upto 1000 r.p.m.	Upto 1000 r.p.m.	Upto 1000 r.p.m.
18-30	0 + 0.037	0.18	0.10	0.06	0.12	0.07
30-50	0 + 0.044	0.30	0.25	0.08	0.20	0.10
50-80	0 + 0.050	0.50	0.20	0.10	0.30	0.15
80-120	0 + 0.058	0.80	0.25	0.15	0.35	0.20
120-180	0 + 0.067	1.20	0.30	0.20	0.40	0.25
180-260	0 + 0.075	1.60	0.40	0.25	0.55	0.35
260-360	0 + 0.085	2.0	0.50	0.30	0.70	0.45

আছে মেপে দেখা দরকার হয়। আর যদি উপরোক্ত কোন ত্রুটি দেখা দেয় তবে তৎক্ষণাৎ বিয়ারিং খুলে পরীক্ষা করে দেখা বাঞ্ছনীয়।

যদি বুশ বিয়ারিং বা স্লিভ বিয়ারিং হয় তবে সাফটের ব্যাস ও বিয়ারিং এর ছিদ্রের ব্যাস মেপে ক্লিয়ারেন্স বের করা যায়। আর যদি জার্নাল বিয়ারিং হয় তবে সীসার তার (Lead wire) ব্যবহার করে ক্লিয়ারেন্স বের করা সহজ। অর্থাৎ সাফটের উপরিভাগে এক বা দুই টুকরা সরু সীসার তার রেখে বিয়ারিং সেলকে পুনরায় একত্রিকরণ (assemble) করতে হবে। বিয়ারিং এর দুই অংশের বোল্টকে পুরাপুরি টাইট দেওয়ার ফলে সীসার তার ক্লিয়ারেন্স অনুসারে পাতলা হয়ে লেপটে যাবে। এখন বোল্টস খুলে উপরের সেলকে বাহির করে নিতে হবে। আলাদাভাবে পাতলা সীসার তারকে তুলে নিয়ে মাইক্রোমিটারের সাহায্যে মাপলে সঠিক ক্লিয়ারেন্স পাওয়া যায়।

যদি বিয়ারিং ক্লিয়ারেন্স অধিক পরিলক্ষিত হয় তাহলে ইহাকে কমিয়ে নিতে হবে। স্প্লিট বিয়ারিং বা পার্ট বিয়ারিং হলে এই ক্লিয়ারেন্স সমন্বয় (adjust) করা সহজ। অর্থাৎ স্প্লিট বিয়ারিং'এর দুই অংশের মধ্যবর্তী স্থানে সিম দেয়া থাকে যাহা কমিয়ে বা বাড়িয়ে ক্লিয়ারেন্স কম-বেশী করা যায়। তবে এই সিমের পুরুত্ব অধিক পরিমাণে কমানো বা বাড়ানো যাবে না। এইরূপ করা হলে সাফ্টের চারিদিকের সমতা থাকে না। যদি বিয়ারিংটি নলাকৃতির বা খোলস ধরনের হয় তাহলে সিম পরিবর্তনের সুযোগ থাকে না। সেক্ষেত্রে বিয়ারিং পরিবর্তন বা ধাতু পূরণ করা দরকার। স্প্লিট বিয়ারিং'এর ক্লিয়ারেন্স যদি অধিক পরিমানে বেড়ে যায় যাহা সীম দিয়ে সঠিক করা সম্ভব নয়, সেক্ষেত্রেও ঐ বিয়ারিংকে ধাতু পূরণ (re-metalling) করা প্রয়োজন অথবা সেল পরিবর্তন করে দিতে হয়।

যদি নূতন বিয়ারিং বা রিমেটালিং করার পর বিয়ারিং ব্যবহার করা হয় তাহলে ক্লিয়ারেন্স ঠিক আছে কিনা এবং সাফ্ট স্লিভ বিয়ারিং সেলে ঠিকভাবে বসল কিনা তাহা পরীক্ষা করে দেখতে হবে। এই অবস্থায় সাধারণতঃ ইহা সঠিক থাকে না। সেজন্য প্রথমে বিয়ারিং সেলদ্বয় সাফ্টে স্থাপন করে ক্লিয়ারেন্স মাপতে হবে। অতপর লাইনিং'এর ধাতুকে চেঁচে (Scraping) নির্ধারিত ক্লিয়ারেন্সের কাছাকাছি আনতে হবে। সাফ্টের গায়ে পারর্সিয়ান ব্লু লাগিয়ে বিয়ারিংকে পুনরায় সাফ্টের সাথে ফিট করতে হবে। সাফ্টকে দুই/তিন বার ঘুরিয়ে বিয়ারিংকে

খুলে নিতে হবে। দেখা যাবে যে বিয়ারিং এর সেলের লাইনিং'এর গায়ে বিভিন্ন জায়গায় ব্লু লেগে আছে। অর্থাৎ সাফ্‌টের সাথে এই সব স্থানে ঘর্ষণ হয়েছে। এখন এই চিহ্নিত অংশগুলিকে চেঁচে তুলে ফেলতে হবে। এই পদ্ধতিতে কয়েকবার চেঁচে ফেলার পর ক্লিয়ারেন্স সঠিক মাপে চলে আসবে এবং সাফ্‌ট সেলের মধ্যে ঠিকভাবে বসেছে বলা যাবে। অর্থাৎ সাফ্‌টের ভর বিয়ারিং এর নীচের অংশের সবস্থানে সমান পড়ছে এবং উপরের অংশে ক্লিয়ারেন্স সবস্থানে সমান আছে এই পর্যায়ে পৌছতে হবে। বিয়ারিং পরীক্ষা করে দেখার জন্য যখন খোলা হবে তখন এই ভাবে ব্লু দিয়ে সামঞ্জস্যতাও পরীক্ষা করতে হবে। বিয়ারিং খোলে নেয়ার পর অনেক সময় দেখা যায় যে লাইনিং তলে লম্বা আচড় বা দাগ পড়েছে বা আলের মত খাঁদ হয়েছে। এইগুলিকেও চেঁচে সমান করে মিশিয়ে দিতে হবে।

থ্রাস্ট বিয়ারিং (Thrust bearing) ঃ–একটি ঘূর্ণয়মান সাফ্‌ট বা রোটর দুইদিকে শক্তি প্রয়োগ করতে পারে; অর্থাৎ লম্বালম্বিভাবে এবং সরাসরি সাফটের অক্ষের দিকে। কার্য্যক্ষেত্রে সাফ্‌টের প্রধান ওজন ও শক্তি লম্বালম্বি রেডিয়াল বিয়ারিং'এর উপর পড়ে। কিন্তু মেসিন চলাকালীন কম/বেশী চাপ সাফ্‌টের বরাবরও পড়ে। কোন কোন মেসিনে এর পরিমান যথেষ্ট হতে পারে যা সাফ্‌টকে সোজাসুজি সামনে বা পিছনের অক্ষের দিকে সড়িয়ে দিতে চায়। সাফ্‌টের এই সামনে বা পিছনের চাপ ও নড়াচড়াকে (end wise pressure and movement) রোধ করার জন্য যে বিয়ারিং ব্যবহার হয় তাকে থ্রাস্ট বিয়ারিং বলে।

অধিকাংশ যন্ত্রে এই বরাবর চাপ কম বিধায় সাধারণভাবে দুইটি মসৃণ কলার থ্রাস্ট বিয়ারিং হিসাবে কাজ করে। একটি কলার সাফ্‌টের উপর অন্যটি বিয়ারিং হাউজিং'এর উপর থাকে। কোন কোন ক্ষেত্রে হাউজিং কলারের উপর ঘর্ষণ সহনীয় নরমধাতুর আবরণ দেয়া থাকে। কখনো কখনো দুই বা ততোধিক ওয়াসারও থ্রাস্ট বিয়ারিং হিসাবে কাজ করে থাকে। আবার বুশ বা জার্নাল বিয়ারিং'এর প্রান্ত তলকে থ্রাস্ট নেয়ার কাজে ব্যবহার করা হয়। প্রয়োজনবোধে বিয়ারিং এর প্রান্তে কলারের মত করে তৈরী করা থাকে।

যদি এই থ্রাস্ট লোডের পরিমাণ বেশী হয় তবে আলাদাভাবে থ্রাস্ট বিয়ারিং ব্যবহার করা দরকার হয়ে পড়ে। যন্ত্র ও তার আক্ষিক চাপ (axial thrust) অনুসারে এর রকমফের হতে পারে। সহজ চাকতি ধরনের হতে পারে

বা চাকতির উপর চাপ বহনক্ষম পেড সম্বলিত হতে পারে।

থ্রাস্ট বিয়ারিং আক্ষিক চাপ বহন করা ছাড়াও সাফ্‌টের সামনে পিছনের যাওয়া আসাকে আবদ্ধ করে। সাফ্‌টের এই নড়াচড়াকে নির্ধারিত সীমার মধ্যে আবদ্ধ রাখা অনেক মেসিনের জন্য অত্যন্ত জরুরী। সাফ্‌টের কলার এবং হাউজিং কলার বা থ্রাস্ট বিয়ারিং কলারের মধ্যে যতটুকু ফাঁক (clearance) থাকবে সাফটের গতি এর মধ্যেই আবদ্ধ থাকবে। ইহাকে থ্রাস্ট বিয়ারিং ক্লিয়ারেন্স বলে। থ্রাস্ট বিয়ারিং'এর ক্লিয়ারেন্স যত রাখা হবে মেসিনের ভিতরের যন্ত্রাংশ এর বেশী আগ-পিছ করতে পারবে না। যন্ত্রের ভিতরকার অন্যান্য সীমাবদ্ধতা অনুসারে থ্রাস্ট বিয়ারিং ক্লিয়ারেন্স রাখা হয়।

কাটলেস বিয়ারিং (Cutless bearing)ঃ– পানি পাম্প করার জন্য ব্যবহৃত বড় খাড়া পাম্প (Vertical pump) যার উপরিভাগে মটর থাকে; সেই সব পাম্পের খাড়া লম্বা সাফ্‌টকে স্বস্থানে ধরে রাখার জন্য এক বা একাধিক রাবার প্যাড জাতীয় বিয়ারিং মধ্যবর্তী স্থানে লাগান হয়ে থাকে যা কাটালস বিয়ারিং হিসাবে পরিচিত। এই বিয়ারিং সিনথেটিক রাবার প্যাড ধাতুর খোলসের ভিতর থাকে। প্যানি দিয়ে একে ঠান্ডা ও লুব্রিকেটেড রাখা হয়।

স্ক্রেপার (scraper)ঃ– প্লেইন বিয়ারিং এর ভিতরকার নরম ধাতু চেঁচে ফেলার জন্য এক ধরনের ছেনি জাতীয় হাতিয়ার ব্যবহার হয় যার নাম চাছুনি বা স্ক্রেপার। ছেনির যেমন সামনের মাথা ধারাল থাকে তেমনি স্ক্রেপারের দুই পার্শ্ব ধারাল থাকে। দু'হাতে শক্ত করে ধরে পাশাপাশি বিয়ারিং বা অন্য কোন লাইনিং এর উপর হালকাভাবে টেনে ধাতু তুলে নেয়া যায়।

বুশ বিয়ারিং রিমেটালিং (Remetalling of bush bearing) ঃ– যে সব বুশ বিয়ারিং'এর ভিতরে নরম ধাতুর আবরণ থাকে এবং যদি এই আবরন (lining) নষ্ট হয়ে যায় বা ক্ষয় হয়ে যায় তবে ঐ বিয়ারিংকে পুনরায় ব্যবহারযোগ্য করার জন্য ধাতু-পূরণ বা রিমেটালিং করা যায়।

এর সহজ পদ্ধতি হল যে ঢালাই লোহার খোলসের উপর পুরান যে ব্রোঞ্জ বা বেবিটের আবরণ থাকবে তা তাপ দিয়ে বা মেশিন করে তুলে ফেলা। এখন খোলসটির ভিতরের অংশকে মসৃণ করে নেয়া বা লেদ মেসিনে মোটা প্যাচ কেটে ছিদ্র (bore) করে নেয়া। যতটুকু ডায়ামিটার দরকার তার চেয়ে ৩-৬

মিঃমিঃ পর্যন্ত খাদ কাটা যেতে পারে। এই খোলসটিকে এখন বালির মোল্ডিং (moulding) মধ্যে রেখে এবং কেন্দ্রে নির্ধারিত ডায়ামিটারের কিছু কম সাইজের কোর (core) ভালভাবে বসিয়ে দেয়া হয়। অতঃপর নির্ধারিত ধাতুকে গলিয়ে মধ্যবর্তী ফাঁকে ঢেলে দেওয়া হয়। ধাতু শক্ত হয়ে গেলে বিয়ারিং মেসিনিং করে পুনরায় ব্যবহার করা যায়। ব্যবহারের সময় ব্লু দিয়ে পরীক্ষা করে প্রয়োজন অনুসারে স্ক্রেপিং করে সঠিক ক্লিয়ারেন্স রেখে বসাতে হবে।

জার্নাল বা স্লিভ বিয়ারিং'এর দুই অংশ একত্রে বেধে এই পদ্ধতিতে রিমেটালিং করা যায়। তবে এর জন্য চাপমান ঢালই (pressure or ceutrefugal casting) পদ্ধতি ব্যবহার করাই ভাল।

যদি বিয়ারিং সেল হাউজিং'এর ভিতর লুজ হয়ে যায় তবে বিয়ারিংটির বাহিরের দিকে তামা ধাতুর আবরণ দিয়ে এবং মেসিন করে ব্যবহার করা যায়। অথবা অন্যান্য পদ্ধতিও গ্রহণ করা যেতে পারে যেমন তামা ও স্টীল এর সিম দিয়ে ফাঁক পূর্ণ করে দেয়া বা লক স্ক্রুর (Screw) সংখ্যা বাড়িয়ে দেয়া।

প্লেইন বিয়ারিং নষ্ট হওয়ার কারণ সমূহ ঃ–

বিয়ারিং তৈরীর দোষে, ফিটিং এর দোষে বা মেরামতের দোষে নষ্ট হয়ে যেতে পারে। সুতরাং বিয়ারিং কি কি কারণে নষ্ট হয় তাহা জানা থাকলে ত্রুটি সমূহ উৎরান সম্ভব হয়। বিয়ারিং নষ্ট হওয়ার নির্দিষ্ট কারণ বের করা অনেক সময় কষ্টসাধ্য হয়। যে কোন একটি বা অধিক কারণ একত্রে বিয়ারিং নষ্টের কারণ হতে পারে। যে সব কারণে বেশীর ভাগ প্লেইন বিয়ারিং নষ্ট হয় তাহা নিম্নে দেয়া হলঃ

১। সাফ্‌ট এবং বিয়ারিং'এর মেটিরিয়াল সঠিকভাবে নিরূপিত না হলে বিয়ারিং অল্পদিনে নষ্ট হতে পারে। যেমন টিন ও লিড বেবিটের বিয়ারিং নরম স্টীল সাফ্‌টের সাথে ব্যবহৃত হয়। যদি সাফট শক্ত স্টীলের হয় তাহলে বিয়ারিং মেটিরিয়েলের গ্রেডও আরেকটু শক্ত হওয়া প্রয়োজন।

২। লুব্রিকেটিং তেল বিয়ারিং এর মধ্যে ছড়িয়ে দেয়ার জন্য যে খাদ কাটা হয় তাহা সঠিক স্থানে এবং পরিমান মত কাটা না হলে নষ্ট হতে পারে। খাঁজ ময়লাযুক্ত হয়ে বন্ধ হয়ে গেলেও বিয়ারিংকে নষ্ট করবে।

৩। সাফ্‌ট জার্নাল এবং বিয়ারিং'এর তল মসৃণ না হলে বিয়ারিং নষ্ট হতে পারে। অমসৃণ সাফট বিয়ারিং'এ দাগ কেটে কেটে দ্রুত বিয়ারিং লাইনিংকে নষ্ট করে দেয়। সেজন্য সাফ্‌টে জার্নালও ভাল করে পরীক্ষা করে দেখা প্রয়োজন। অনেকদিন চলার পর জার্নালে চক্রাকার দাগ পরে বা ক্ষয় হয়। সেজন্য বিয়ারিং'এর সাথে সাথে জার্নালকে মসৃণ করা দরকার। যদি এই দাগের গভীরতা বেশী হয় তবে মেসিনিং করা উচিৎ। হালকা দাগ থাকলে নারিকেল রশি জার্নাল বা সাফ্‌টের গায়ে জড়িয়ে লুব্রিকেটিং তৈল দিয়ে দীর্ঘ সময় ঘষলে সাফট মসৃণ হয়ে যায়।

৪। সাফ্‌ট এবং বিয়ারিং এর মধ্যে পরিমান মত ক্লিয়ারেন্স না থাকলে বিয়ারিং নষ্ট হয়। যদি ক্লিয়ারেন্স কম থাকে তবে উপযুক্ত তেলের স্তর (layer) অবস্থান করতে পারে না। আবার ক্লিয়ারেন্স বেশী হলে কম্পন বেশী হয়ে বিয়ারিং ও মেসিনের ক্ষতি করে।

৫। বিয়ারিং পুনরায় লাইনিং (re-lining) করার সময় সতর্কতা অবলম্বন না করার ফলে সেই বিয়ারিং দ্রুত নষ্ট হয়। সাধারণতঃ রিমেটালিং বা রিলাইনিং এর সময় যে ত্রুটিগুলি দেখা যায় তাহা হল।

ক) মুল ধাতুর সাথে লাইনিং ধাতু ভাল বন্ডিং না হওয়া।
খ) ত্রুটি পূর্ণ ঢালাই (casting)
গ) বেবিটের সাথে ময়লা সংযুক্ত হওয়া।
ঘ) সঠিক সাইজ, ফিনিসিং ও খাঁজ না হওয়া।

৬। মেসিন চলাকালীন বিয়ারিং'এর উদ্ভুত ত্রুটিকে উপেক্ষা করা বিয়ারিং নষ্ট হওয়ার কারণ। বিয়ারিংটি যে তাপমাত্রায় থাকা উচিৎ, মেসিনে যে গতি থাকা উচিৎ বা যে পরিমাণ লোড থাকা উচিৎ, লুব্রিকেটিং তেলের যে পরিমাণ চাপ থাকা উচিৎ ইত্যাদির গড়বড় হলে তা লক্ষ্য না করে মেসিন চালিয়ে গেলে ক্ষতি হওয়া খুবই স্বাভাবিক। নিম্নলিখিত কয়েকটি কারণে বিয়ারিং অত্যন্ত দ্রুত নষ্ট হয়ে যায়ঃ

ক) বিয়ারিং এর তাপমাত্রা অত্যন্ত বেড়ে গেলে।
খ) তেলের সাথে অন্য ময়লা বা ধাতু কণাযুক্ত হলে।
গ) সঠিক লুব্রিকেটিং তৈল ব্যবহার না করলে।

ঘ) জার্নাল এবং বিয়ারিং'এর মধ্যে উদ্ভুত বৈদ্যুতিক চুম্বক (Electromagnetic) জাতীয় ক্ষত সৃষ্টির ফলে।

ঙ) আঘাত জনিত কারণে ফাটল ধরলে।

চ) তেলের প্রবাহ কোন কারনে বন্ধ হয়ে গেল।

বিয়ারিং মেটিরিয়াল অধিক তাপ বহন করতে পারে না। আবার তাপমাত্রা বেড়ে গেলে লুব্রিকেটিং তৈলের ভিসকসিটি (Viscosity) কমে যায় এবং তেলের স্তর পাতলা বা হালকা হয়ে যায়, ফলে সাফ্‌ট এবং বিয়ারিং এর ঘর্ষণ সৃষ্টি হয় এবং বিয়ারিং'এর ক্ষতিসাধন করে। সুতরাং তাপের ভাগ বেড়ে গেলে দেখতে হবে তেলের কুলিং ঠিকভাবে হচ্ছে কিনা বা অন্য কোন কারণ আছে কিনা। তাপের মাত্রা বেড়ে গেলে তৎক্ষণাৎ মেসিন বন্ধ করে কারণ নির্ণয় করতে হবে।

তেলের সাথে কোন ময়লা বা আলাদা বস্তুর ক্ষুদ্র কণা মিশে গিয়ে যদি বিয়ারিং'এ যায় তখন উহা বিয়ারিং মেটালের উপর বসে যায় এবং সাফ্‌টের সাথে ঘর্ষণে সাফ্‌টে ধারাল দাগ কাটে এবং উভয়ে বিয়ারিং মেটিরিয়ালের উপর আচর কেটে ফেটে বিয়ারিংকে নষ্ট করে দেয়। সুতরাং তেল পরিষ্কার রাখতে হবে,তেলের লাইনে যেসব ছাকনি থাকে সেগুলি নিয়মিত পরিষ্কার করতে হবে।

এন্টিফ্রিকশন বিয়ারিং (Antifriction Bearing)

এন্টিফ্রিকশন বিয়ারিং নিজস্ব ডিজাইন পদ্ধতিতে বল বা রোলারের মাধ্যমে ঘর্ষণকে (Friction) অতিক্রম করতে পারে বলে এই নামকরণ হয়েছে। যন্ত্রের স্থির অংশ ও ঘূর্ণায়মান অংশের প্রতিসড়ন গতি (sliding motion) রোলিং যন্ত্রাংশের মাধ্যমে অতিক্রম করে। অর্থাৎ বিয়ারিং'এর বল বা রোলার নিজস্ব আবর্তন দ্বারা সাফ্‌টকে এগিয়ে নিয়ে যায়। এই বল বা রোলার অত্যন্ত মসৃণ, গোলাকার এবং বিয়ারিং'এর সহযোগক্ষেত্র (contact area) কম হওয়ায় ঘুরবার সময় সহজে ঘর্ষণ বাধাকে অতিক্রম করতে পারে। অথচ প্লেইন বিয়ারিং'এ লুব্রিকেটিং তৈলের স্তর সাফ্‌ট এবং বিয়ারিং এর মধ্যকার ঘর্ষণকে অতিক্রম করতে সাহায্য করে।

এন্টিফ্রিকশন বিয়ারিংকে প্রধাণতঃ দুইভাগে ভাগ করা যায়। যথা– বল বিয়ারিং ও রোলার বিয়ারিং। অর্থাৎ বিয়ারিং'এ বল থাকলে বল বিয়ারিং, রোলার

থাকলে রোলার বিয়ারিং। বল বিয়ারিং আবার তিন রকমের হতে পারেঃ

১। **রেডিয়াল বল বিয়ারিং**– যে বিয়ারিং সাফ্‌টের লম্বালম্বিভাবে লোড নেয়ার ক্ষমতা রাখে।

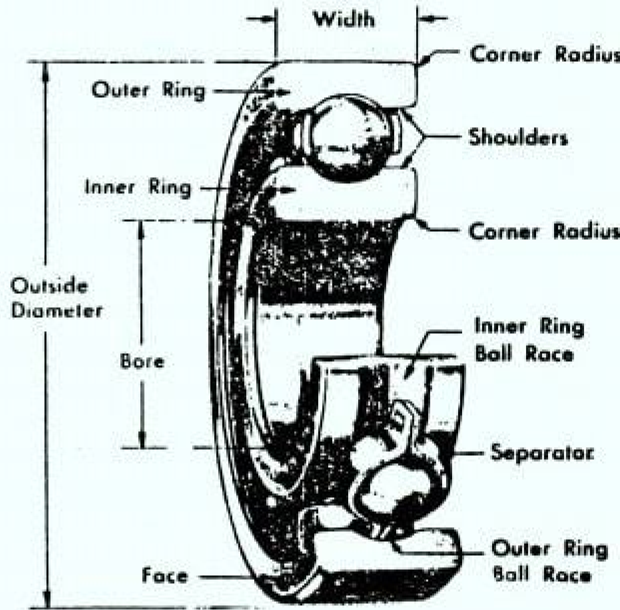
২। **থ্রাস্ট বল বিয়ারিং ঃ**– যে বিয়ারিং সাফ্‌টের অক্ষরেখা বরাবর লোড নেয়ার ক্ষমতা রাখে। থ্রাস্ট লোড এবং রেডিয়াল লোড সম্পর্কে পূর্বে এই অধ্যায়ে আলোচিত হয়েছে।

৩। **কৌনিক বল বিয়ারিং (Angular fall bearing)**- যে বিয়ারিং রেডিয়াল এবং থ্রাস্ট উভয় লোড বহন করার ক্ষমতা রাখে।

একইভাবে রোলার বিয়ারিংও তিন রকম হতে পারে যথা – ১) রেডিয়াল রোলার বিয়ারিং ২) থ্রাস্ট রোলার বিয়ারিং ৩) টেপার রোলার বিয়ারিং।

সকল ধরনের এন্টিফ্রিকশন 'বিয়ারিং'এর ভিতর এবং বাইরে দুইটি শক্ত রিং থাকে, মধ্যে শক্ত বল বা রোলার থাকে এবং বল বা রোলারগুলিকে সঠিক স্থানে আলাদা করে ধরে রাখার জন্য সেপারেটর বা রিটেইনার (Retainer) থাকে। রিং'এর যে স্থান দিয়ে বল বা রোলার চলে তা কিছুটা খাজ কাটা থাকে, যা বল বা রোলারকে এগিয়ে নিয়ে যায়; এই পথকে রিং-রেইস (Ring race) বলে। টেপার রোলার বিয়ারিং এর বেলায় বাহিরের রিংকে কাপ এবং ভিতরের রিংকে কোন (cone) বলে। বিয়ারিং'এর মাপ বা সাইজ তাহার বাহিরের ব্যাস ভিতরের বোর ব্যাস ও পুরুত্বের (width) উপর নির্ধারিত হয়। এন্টিফ্রিকশন বিয়ারিং'এর বিভিন্ন অংশকে যেভাবে নামকরণ করা হয়েছে তা একটি বল বিয়ারিং'এর ছবি দ্বারা দেখান হলঃ

এন্টিফ্রিকশন বিয়ারিং বিশেষ স্টীল ধাতু (steel alloy) দ্বারা তৈরী। বিশেষ ক্ষেত্রে বা প্রয়োজনে গ্লাস, প্লাস্টিক, টেফলন বা অন্য কোন বস্তু দ্বারা তৈরী হয়ে থাকে। তবে ৯৫ ভাগ ক্ষেত্রে স্টীল এলয় ব্যবহার হয় এবং ইহা সাধারণতঃ হাই কারবন ক্রোম এলয় (high carbon chrome alloy) দ্বারা তৈরী হয়। এই ধাতুকে উচ্চভাবে শক্ত (high hardened) ও মজবুত (toughness) গুণাগুণ সম্পন্ন রাখা হয়। বিয়ারিং রিটেইনার ব্রোঞ্জ ধাতু, ব্রোঞ্জ এলয় বা চাপা লোহা (pressed steel) দ্বারা তৈরী হয়ে থাকে।



চিত্র নং—৫১, এন্টিফ্রিকসন বল বিয়ারিং'এর বিভিন্ন অংশ

এন্টিফ্রিকশন বিয়ারিং'এর প্রকারভেদ সম্পর্কে আগে বলেছি। এর মধ্যেও ব্যবহারের ক্ষেত্র ও প্রয়োজন অনুসারে ডিজাইন ও নামকরণ করা হয়ে থাকে। যেমন- **সিঙ্গল—রো ডিপ—গ্রুভ বল বিয়ারিং (Single-row Deep-groove ball bearing):—** এই বিয়ারিং সাধারনভাবে সবচেয়ে বেশী ব্যবহার হয়ে থাকে। ইহা রেডিয়াল এবং থ্রাস্ট উভয় ভর ও চাপ নিতে পারে। এর রিং—রেইস পথ কিছুটা গভীর থাকে বলে এমনটা সম্ভব হয়।

ডাবল—রো ডিপ গ্রুভ বল বিয়ারিং (Double-row Deep-groove ball bearing) ঃ— ইহা সিঙ্গল—রো ডিপ গ্রুভ বল বিয়ারিং'এর মতই। কিন্তু এতে দুইটি বলের সারি থাকে। ফলে অধিক লোড বহন করতে পারে। এই বিয়ারিং উভয় দিকের থ্রাস্টলোড নেয়ার ক্ষমতা আছে।

এঙ্গুলার কনটাক্ট বল বিয়ারিং (Angular contact ball bearing) ঃ— এই বিয়ারিংএর ভিতরের এবং বাহিরের রিং'এ একটু উচু করে আলাদাভাবে শোল্ডার (shoulder) দেয়া থাকে এবং বল বিয়ারিং রেইসে কৌনিকভাবে অবস্থান করে। এই বিয়ারিং একই দিকের (one direction)

অধিক পরিমাণে এক্সিয়াল থ্রাষ্ট (axial thrusht) নিতে পারে।

সেলফ এলাইনিং বিয়ারিং ঃ– এই বিয়ারিং'এ দুটি বল সারি থাকে। যে কোন কারণে সাফ্টে এলাইনমেন্টের কিছু ত্রুটি থেকে গেলে বা যে ক্ষেত্রে চালু অবস্থায় সাফ্টে এলাইনমেন্টের সামান্য পার্থক্য আসার সম্ভাবনা থাকে সেখানে এই বিয়ারিং ব্যবহার হয়ে থাকে। এই বিয়ারিং'এর বাইরের রেইসটি বিশেষ ধরনের ,যেখানে বল নিজস্ব অবস্থান বদলিয়ে মিস–এলাইনমেন্টকে মানিয়ে নিতে পারে। তবে এই ধরনের বিয়ারিং অধিক ভর এবং থ্রাষ্ট লোড বহন করতে পারে না।

স্ফেরিকাল রোলার বিয়ারিং ঃ– রোলার বিয়ারিং'এর মধ্যে এর ব্যবহার বেশী। ইহা সাফটের মিস–এলাইনমেন্ট মানিয়ে চলতে পারে এবং অধিক রেডিয়াল ও উভয় দিকের থ্রাষ্ট লোড নিতে পারে।

টেপার রোলার বিয়ারিং ঃ– অন্যান্য বিয়ারিং হতে আলাদা ধরনের। এই বিয়ারিং'এর রোলার এবং রেইস টেপার সাইজের। এই বিয়ারিং'এর ক্লিয়ারেন্স প্রয়োজন অনুসারে কম বেশী করা যায়। অর্থাৎ বাইরের রিংটিকে এগিয়ে পিছিয়ে ইহা করা যায় এবং সেই রকম ব্যবস্থা থাকে। যেখানে সঠিক রানিং ক্লিয়ারেন্স এর গুরুত্ব বেশী সেখানে এই বিয়ারিং অধিক প্রযোজ্য।

নিডেল রোলার বিয়ারিং ঃ– ইহা রোলার বিয়ারিংএর মধ্যে বিশেষ ধরণের বিয়ারিং যাহা সূক্ষ্ম কাজে বেশী ব্যবহৃত হয়। ইহার রোলারগুলি সরু ও লম্বা। ব্যাস কম হলেও ইহা অধিক পরিমানে রেডিয়াল লোড নিতে পারে।

কোন কোন বল বিয়ারিং'এ একদিক বা উভয় দিকে সিল (seal) করা থাকে, যাতে বাইরের ময়লা বা ধুলাবালি ভিতরে ঢুকতে না পারে। যে সব পরিবেশে বাইরের ময়লা বিয়ারিংকে নষ্ট করার সম্ভাবনা থাকে সেখানে এই বিয়ারিং ব্যবহার করা শ্রেয়।

এভাবে এন্টিফ্রিকসন বিয়ারিং'এর মধ্যে অনেক রকমফের আছে। প্রয়োজনে ক্ষেত্র, উজন বহন ক্ষমতা, রেডিয়াল এবং এক্সিল শক্তির তারতম্য, ঘুর্ণন গতি ইত্যাদি অনুসারে বিয়ারিং নির্বাচিত হয়ে থাকে।

এন্টিফ্রিকসন বিয়ারিং'এর ত্রুটি সমূহ এবং তার সঠিককরণ ঃ–

যদি মেসিন চলা অবস্থায় বিয়ারিং'এ অস্বাভাবিক আওয়াজ হয় বা বিয়ারিং এর তাপমাত্রা বেড়ে যায় তবে বুঝতে হবে বিয়ারিং'এ কোন ত্রুটি দেখা দিয়েছে। আংগুল দিয়ে স্পর্শ করে তাপমাত্রা বুঝা যায়। তাপ মাপক যন্ত্রের সাহায্যেও দেখা যেতে পারে। তাপমাত্রা ৪৫° C পর্যন্ত স্বাভাবিক,৪৫°C–৫০°C পর্যন্ত হলে সামান্য ত্রুটি হয়েছে বা বুঝতে হবে সঠিক লুব্রিকেসন হচ্ছে না। ৬০° C এর উপরে গেলে বুঝতে হবে অন্য কোন ত্রুটি আছে, বিশেষ করে বিয়ারিং অংশ সাফট অথবা হাউজিং'এ লুজ হয়ে গেছে মনে করতে হবে। বিয়ারিং'এ অস্বাভাবিক শব্দ আছে কিনা ভালভাবে লক্ষ্য করলে শুনা যায়। যদি একই জাতীয় মেসিন থাকে তবে অন্যটির বিয়ারিং'এর আওয়াজের সাথে তুলনা করে দেখা যেতে পারে। আরেকটি পদ্ধতি হল ২০০বা ৩০০ মিঃমিঃ লম্বা একটি স্ক্রু ড্রাইভার বা কোন রড দিয়ে তার এক দিকের মাথা বিয়ারিং হাউজিং'এ লাগিয়ে অন্য দিক কানে লাগিয়ে এবং অন্য কানে আংগুল দিয়ে বন্ধ করে রাখলে আওয়াজ শুনা যায়। ভাল বিয়ারিং'এ কোন বাজে আওয়াজ থাকবে না। আর খারাপ বিয়ারিং'এ ঠক ঠক ধরনের বা ঘর্ষণ জাতীয় আওয়াজ শুনা যায়। বিয়ারিং'এর বল, কলার, রিটেইনার বা রেইস নষ্ট হলে এমন হতে পারে। বল বা রোলারের ক্লিয়ারেন্স বেশী হয়ে গেলে গরগর জাতীয় একটানা আওয়াজ শুনা যায়। বিয়ারিং'এর আওয়াজ পরীক্ষা করার জন্য সনোস্কোপ (ডাক্তারের ষ্টেথস্কোপ যন্ত্রের মত) যন্ত্র ব্যবহৃত হয়। ইদানিং কালে এন্টিফ্রিকসন বিয়ারিং এর এুটি নিরূপণের জন্য শক–পালস মিটার জাতীয় যন্ত্র আছে, যা দ্বারা বুঝা যায় বিয়ারিং ত্রুটিপূর্ণ কিনা। বিয়ারিং ত্রুটি যুক্ত হয়ে গেলে মেসিনে কম্পন দেখা দেয়। সেইজন্য মাঝে মাঝে বিয়ারিং কম্পন, তাপমাত্রা ও শব্দ পরীক্ষা করে দেখলে বিয়ারিং'এর অবস্থা সম্পর্কে অনুমান করা যায়।

বিয়ারিং যদি সাফ্‌ট অথবা হাউজিং'এর মধ্যে লুজ হয়ে যায় তবে এর তাপমাত্রা বেড়ে যাবে। এই ধরনের ত্রুটিকে কয়েকটি উপায়ে সাড়ান যায়।

ক) সাফ্‌টের স্যাঙ্ক অর্থাৎ বিয়ারিং সাফটের যে অংশে বসে যদি সেখানে লুজ থাকে তবে সেটাকে নারলিং (knurling) করে বিয়ারিংটি পুনরায় বসিয়ে দিলে বিয়ারিং টাইট হয়ে যায়। এভাবে হাউজিং'এর ভিতরে নারলিং করে বিয়ারিং'এর বাহিরের লুজ অবস্থার ত্রুটি উৎড়ান যায়। তবে ইহা সাময়িক মেরামত।

খ) সাফ্‌ট বা হাউজিংকে মেসিন করে কমিয়ে এর গায়ে নারলিং করে বা মোটা থ্রেড কেটে কারবন স্টীল, বা শংকর ধাতু দ্বারা স্প্রে করে অথবা ঢালাই করে ধাতু পূরন করতে হবে। অতঃপর মেসিন করে পুনরায় সঠিক মাপে নিয়ে আসতে হবে। নতুন স্তরটি ০.০২ মিঃমিঃ হতে ৬.০০ মিঃমিঃ পর্যন্ত করা চলে। এই পদ্ধতিতে মেরামত করলে খরচ অনেক বেশী পড়ে। বিশেষ প্রয়োজন ছাড়া এভাবে করা হয় না।

গ) সাধারণভাবে সাফ্‌ট বা হাউজিং'এর গায়ে ওয়েল্ডিং করে মেটাল স্তর সৃষ্টি করা হয় এবং মেসিনিং করা হয়। অথবা স্লীভ বানিয়ে সাফটের উপর বা হাউজিং'এর ভিতর প্রেস ফিট করে বসিয়ে দিতে হয়। এই স্লীভের পুরুত্ব কমপক্ষে ২.৬ মিঃমিঃ হওয়া উচিৎ।

ঘ) যদি সাফ্‌টের স্যাঙ্ক পুরাপুরি নষ্ট হয়ে যায় তবে একে সম্পূর্ণ কেটে ফেলে দিয়ে সাফটের প্রান্তে একটি ড্রিল করে নূতন সামান্য বেশী ব্যাসের সাফট স্যাঙ্কে সংযোজন করা সম্ভব। এরপর প্রান্ত কোনায় ওয়েল্ডিং করে ও মেসিনিং করে বরাবর মাপে নিয়ে আসতে হবে।

ঙ) এন্টিফ্রিকসন বিয়ারিং'এর বল, রোলার, রেইস বা সেপারেটর নষ্ট হলে অথবা বিকল হয়ে গেলে মেরামত করা সম্ভব নয়। বিয়ারিং পরিবর্তন করে নূতন বিয়ারিং লাগান বাঞ্ছনীয়।

চ) বিয়ারিং'এর রেডিয়াল প্লেক ক্লিয়ারেন্স বেড়ে গেলে যন্ত্রে কম্পন বেড়ে যায়, তাপও কিছুটা বাড়তে পারে। কনিকাল বল বা রোলার বিয়ারিং, টেপার রোলার বিয়ারিং, এবং বিশেষ ধরনের এঙ্গুলার কনটাক্ট বিয়ারিং'এ সমন্বয় করার ব্যবস্থা থাকে বিধায় রেডিয়াল প্লে নিয়ন্ত্রণ সীমার মধ্যে আনা যায়। এছাড়া অন্যান্য বিয়ারিং'এ এই ক্লিয়ারেন্স অধিক হয়ে গেলে বিয়ারিং পরিবর্তন করা শ্রেয়। রেডিয়াল প্লে মাপার সহজ উপায় হল বিয়ারিং যখন মেশিনে সংযোজিত অবস্থায় থাকে তখন এর কাছাকাছি ডায়াল ইন্ডিকেটর স্থাপন করতে হবে এবং ইন্ডিকেটরের মাথা সাফটকে স্পর্শ করে থাকবে। এবারে সাফটের বর্ধিত অংশকে ধরে আস্তে উপরের দিকে তুলতে হবে। যতটুকু তুলা সম্ভব তাহা ইন্ডিকেটর গেজে দেখা যাবে। এই মাপই বিয়ারিংটির রেডিয়াল প্লে বা ক্লিয়ারেন্স।

বিয়ারিং খোলা অবস্থায়, হলে সাধারণ কাগজের টুকরার এক ভাজ (পুরুত্ব সাধারণতঃ ০·০৫মিঃমিঃ) বা দুই/তিন ভাজ দুটি রোলারের মধ্যবর্তী ফাকে দিয়ে রোলার উপর পার্শে রেখে বিয়ারিং'এর দুই রেইসকে ঘুরালে কাগজটি উপরে গিয়ে চাপ খায়। এই টুকরার ভাজ সংখ্যা অনুসারে ক্লিয়ারেন্স অনুমিত করা হয়। এ ছাড়া ফিলার গেজের পাতলা পাতা বিয়ারিং'এর রোলার বা বলের উপরে স্থাপন করে রেইসকে ঘুড়িয়ে ক্লিয়ারেন্স মাপা সম্ভব।

অভিজ্ঞ লোক বিয়ারিং'এর ভিতরের রিং শক্ত করে ধরে বাহিরের রিংকে উপর নীচে নাড়িয়ে এবং রেইসের মধ্যে বাহিরের রিংকে ঘুড়িয়ে অনুমান করতে পারে যে রেডিয়াল প্লে স্বাভাবিক সীমার মধ্যে আছে কিনা। খারাপ এবং ভাল বিয়ারিং নিয়ে পরীক্ষা করলে এর পার্থক্য আয়ত্বে আসবে। এন্টিফ্রিকসন বিয়ারিং'এর রেডিয়াল প্লে সাধারণ কাজের একরকম এবং সুক্ষ্ম কাজের (high accuracy) জন্য ব্যবহৃত বিয়ারিং'এ আরেক রকম থাকে। সুতরাং এই দুই ক্ষেত্রে আলাদা আলাদা সাধারণ ফাঁক (Normal gap) এবং ক্ষয় হওয়ার স্বাভাবিক সীমা থাকে। রেডিয়াল প্লে সাধারণ সীমার বেশী হলে ঐ বিয়ারিং পরিবর্তন প্রয়োজনীয়। ১৯ নং ছকে এই রেডিয়াল প্লের সীমা দেখান হলঃ

বিয়ারিং সংযোজন ও বিযোজন (Assembly and disassembly of antifriction bearing)ঃ– বিয়ারিং নিয়ে কাজ করার সময় দুটি জিনিষের উপর অত্যন্ত গুরুত্ব দিতে হবে।

১। বিয়ারিং ও বিয়ারিং'এর যন্ত্রাংশ এবং তার পরিবেশ পরিস্কার পরিচ্ছন্ন রাখতে হবে। অর্থাৎ বিয়ারিং যেসব স্থানে রাখবে, বসবে ও যে সব হাতিয়ার ব্যবহার করা হবে এই সবই পরিচ্ছন্ন থাকা বাঞ্ছনীয়। কারণ অধিকাংশ বিয়ারিং শীঘ্র নষ্ট হওয়ার কারণ বিয়ারিং'এর ভিতর ময়লা বা শক্ত কণা ঢুকে যাওয়া থেকে হয়ে থাকে।

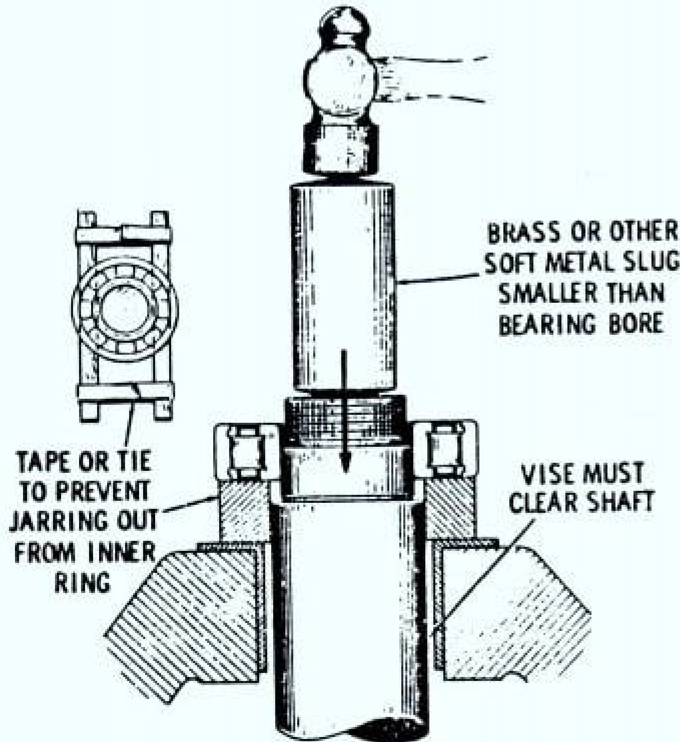
২। বিয়ারিং'এর সঠিক রিং'এ শক্তি প্রয়োগ করা। অর্থাৎ বিয়ারিং সাফ্‌টে লাগানোর সময় শুধুমাত্র ভিতরের রিং'কে এবং হাউজিং'এ বসানোর সময় বাহিরের রিং'এ শক্তি প্রয়োগ বা আঘাত করতে হবে। যদি শক্তি প্রয়োগ বল বা রোলারের মাধ্যমে এক রিং হতে অন্য রিং'এ যায় তবে রিং রেস, রোলার বা সেপারেটর এর ক্ষতি করে থাকে। যার ফলে বিয়ারিং বেশী দিন টিকেনা।

ছক নং—১৯ এন্টিফ্রিকসন বিয়ারিং'এ রেডিয়াল প্লের সাধারণ সীমা।

NORMAL AND LIMITING VALUE OF RADIAL PLAY

BEARING NORMAL BORE IN MM	বিয়ারিং'এর রেডিয়াল প্লের মাত্রা, সেঃমিঃ।			
	NORMAL ACCURACY		HIGH ACCURACY	
	Normal Gap	Limiting Wear	Normal Gap	Limiting Wear
0 to 30	0.013	0.050	0.005	0.020
30 to 50	0.015	0.060	0.005	0.020
50 to 80	0.020	0.080	0.006	0.024
80 to 120	0.025	0.100	0.007	0.028
120 to 180	0.030	0.120	0.008	0.032
180 to 250	0.040	0.160	0.010	0.040
250 to 315	0.050	0.200	0.012	0.048
315 to 400	0.060	0.240	0.015	0.060

বিয়ারিং খোলার (Bearing dismounting) পদ্ধতি :– বিয়ারিং খোলার সময় সতর্কতা অবলম্বন করতে হবে যেন বিয়ারিং কোন কারণে নষ্ট না হয়ে যায়, যদি একে পুনরায় ব্যবহার এর ইচ্ছা থাকে। ছোট বা মাঝারি ধরনের বিয়ারিং উপযুক্ত মাপের পুলারের (puller) সাহায্যে খোলা সহজ। এলোপাথারি আঘাত করে বিয়ারিং খোলা অনুচিৎ। এতে বিয়ারিং ও সাফ্‌ট উভয়ের ক্ষতি হয়ে থাকে। যদি পুলারের পা ভিতরের রিংএ স্থাপন একেবারেই অসম্ভব হয় এবং অন্য কোন পদ্ধতি ও সুবিধাজনক না হয় তবে একে বাহিরের রিংএ লাগানো যেতে পারে। তবে শক্তি প্রয়োগের সময় বাহিরের রিংটিকে আস্তে আস্তে ঘুরিয়ে সাধারণ শক্তি প্রয়োগ করে ধীরে ধীরে সাফ্‌ট থেকে খুলে আনতে হবে। আর যদি গুরুত্বপূর্ণ কাজের বিয়ারিং হয় এবং পুলার সঠিক ভাবে ফিট না করে তবে পুলারের মত করে প্রয়োজন মাফিক ফিক্‌চার বা হাতিয়ার বানিয়ে নিতে হবে যা সঠিকভাবে নির্দিষ্ট স্থানে লাগান যায়।



চিত্র নং–৫২, সাফ্‌ট থেকে বিয়ারিং বের করার সঠিক পদ্ধতি

যদি সাফ্‌ট সহ বিয়ারিংকে বের করে আনা হয় এবং সাফ্‌ট লম্বা কম হয় তবে ছবির পদ্ধতি অনুসারে বিয়ারিং খোলা সহজ। অর্থাৎ সাফ্‌ট সহ বিয়ারিং কে কোন ভাইসে অথবা কোন ক্ল্যাম্পের ব্রেকেটের উপর এমনভাবে রাখতে হবে যেন সাফ্‌টের গা কোথায়ও স্পর্শ না করে, আবার বিয়ারিং'এর ভিতরের রিং এর বেশীর ভাগ অংশ ভাইসের উপর থাকে। এখন সাফ্‌টের উপরিভাগে একটি কাঠের টুকরা বা লোহার ব্লক রেখে শক্ত হাতুড়ি দিয়ে আঘাত করতে হবে। নরম ধাতুর হাতুড়ি ব্যবহার করা অনুচিৎ। কারণ ইহা থেকে কণা বের হয়ে বিয়ারিং'এর ভিতর ঢুকতে পারে। হাতুড়ি ছাড়া কোন হাড্রালিক রেমের সাহায্যে চাপ দিয়ে খোলা যায়। খোলার সময় সাফ্‌টকে নীচে হাত দিয়ে ধরে রাখতে হবে যেন তা পড়ে গিয়ে খারাপ না হয়।

যে সব বিয়ারিং সাফ্‌টের গায়ে ইনটারফিয়ারেন্স (Interference) ফিট থাকে সেগুলি কোন কোন সময় যথেষ্ট চাপ বা আঘাতেও বেরিয়ে আসে না। সেক্ষেত্রে বিয়ারিং'এর চারপাশে সামান্য তাপ দিয়ে (৬০°C – ৮০°C) পূর্বে বর্নিত নিয়মিত পদ্ধতিতে খোলতে হবে। আর যদি একান্তই বের করা সম্ভব না হয় তবে গ্যাস টর্চ দিয়ে বিয়ারিং'এর বাহিরের রিং প্রথমে কেটে ফেলতে হবে। বল এবং রিটেইনার বের করে তারপর ভিতরের রিং'এর অর্ধেক পরিমান পুরুত্ব ছেনি বা গ্রাইন্ডার দিয়ে কেটে দিলে ইহা লুজ হয়ে যাবে, তখন সহজে বের করে নিয়ে আসা যায় অথবা আঘাতেও বের হয়ে আসে ।মনে রাখতে হবে যেন সাফ্‌ট পর্যন্ত কেটে না যায় বা আঘাত না পায়।

বিয়ারিং সংযোজন (Assembly of the bearing) ঃ– বিয়ারিং বসানোর সময় নিম্নলিখিত কয়েকটি বিষয় অনুসরণ করার জন্য বিয়ারিং প্রস্তুত কারক সমিতি থেকে উপদেশ দেয়া হয়ে থাকে।

ক) সাফ্‌ট এবং হাউজিং ভালভাবে পরিষ্কার করতে হবে।

খ) বিভিন্ন খাদ, চাবির স্লট বা রিং ইত্যাদির ভিতর যে সব ধুলা বালি ও ময়লা কণা থাকে তা বের করে নিতে হবে।

গ) সাফ্‌ট, হাউজিং বা বিয়ারিং'এর কোথাও কোন আল বা ধারাল দাগ ইত্যাদি থাকলে তা মিশিয়ে তুলে ফেলতে হবে বা ফাইল করে দিতে হবে।

ঘ) বিয়ারিং বসার স্থানটি পরিষ্কার করে তৈলাক্ত করতে হবে।

ঙ) বিয়ারিংকে সোজা ও বরাবর (Straight & square) রেখে চাপ দিয়ে বসাতে হবে।

চ) সঠিক রিং'এ চাপ বা আঘাত দিতে হবে।

ছ) বিয়ারিং যতক্ষণ না তার সাফ্‌ট বা হাউজিং সোল্ডার অর্থাৎ সঠিক স্থান পর্যন্ত না পৌছাবে ততক্ষণ একাধারে চাপ প্রয়োগ করতে হবে।

বিয়ারিং সংযোজন করার আগে একে পেট্রোল বা কেরোসিন দিয়ে পরিষ্কার করে ধুয়ে একটি পরিষ্কার কাপড়, কাগজ বা কাঠের উপর রাখতে হবে। বালির পরিবেশ হতে দূরে সংযোজন কাজ করা উচিৎ। শুকিয়ে গেলে এর গায়ে পাতলা তৈলের আবরণ দিয়ে দিতে হবে। অতঃপর সাফ্‌টাকে ভাইসের মাধ্যমে বা অন্যভাবে খাড়া করে ধরতে হবে। যদি খাড়া অবস্থায় রাখা সম্ভব না হয় বা সাফ্‌ট মেসিনের মধ্যে সংযোজিত অবস্থায় থাকে তবে উহাকে আলগা করে সাফ্‌টকে সমান্তরাল অবস্থায় আবদ্ধ করে রাখতে হবে যেন আঘাত করলেও কোন দিকে নড়তে না পারে। তবে সাফ্‌টকে বাইরে এনে খাড়াভাবে আবদ্ধ করে বিয়ারিং লাগানই সুবিধাজনক।

সাফ্‌টের কোণ স্থানে বিয়ারিং বসবে আগে চিহ্নিত থাকতে হবে। বিয়ারিং পূর্বে যে স্থানে ছিল ঠিক সেখানেই বসাতে হবে। বিয়ারিং খোলার সময় এইসব চিহ্ন দিয়ে রাখতে হয়। বিয়ারিংএর যে দিক উপরে এবং যেদিক নীচে ছিল সেইভাবে রাখতে হবে।

বিয়ারিং'এর ভিতরের ব্যাসের মাপ অনুসারে অর্থাৎ সাফ্‌টের ব্যাসের চেয়ে সামান্য বেশী মাপের একটি স্লীভ বা পাইপের অংশ নিতে হবে। বিয়ারিংটিকে সাফ্‌টের মুখে সোজা ও বরাবর করে বসিয়ে ধরে রাখতে হবে। এবার পাইপের একদিক বিয়ারিং'এর ভিতরের রিং'এর উপস্থাপন করতে হবে। পাইপের উপর আলাদা একটা ব্লক রেখে মৃদুভাবে আঘাত করে দেখতে হবে বিয়ারিং সঠিকভাবে সাফটে বসে কিনা এবং বরাবর ঢুকছে কিনা বা সাফ্‌টে কোন আল সৃষ্টি করছে কিনা। যদি ঠিক থাকে তবে সাধারণভাবে আঘাত করে বা রেম দিয়ে চাপ দিয়ে বিয়ারিং সঠিক স্থানে বসিয়ে দিতে হবে। কোন রকম ধাতু অর্থাৎ সীসা, তামার স্লীভ বা হ্যামার ব্যবহার অনুচিৎ। কারণ আঘাতের সময় কণা ভেঙ্গে গিয়ে

বিয়ারিং'এর ভিতরে ঢুকতে পারে। এইভাবে স্লীভ এর সাহায্যে বিয়ারিং'এর বাহিরের রিং'এ চাপ দিয়ে হাউজিং গর্তে বিয়ারিং বসিয়ে দিতে হবে।

যেখানে সাধারণভাবে বিয়ারিং সাফ্‌টে ঢুকতে না চায় সেখানে বিয়ারিংকে গরম করে নিলে ঢুকাতে সহজ হয়। প্রয়োজন অনুসারে বিয়ারিংকে ৬০থেকে ৯০°C পর্যন্ত (১২০°C উপরে নয়) গরম করা যেতে পারে। বিয়ারিংকে সরাসরি তাপ দিয়ে গরম করা উচিৎ নয়। তেলের পাত্রের মধ্যে বিয়ারিংটিকে ঝুলন্ত অবস্থায় রেখে পাত্রটিকে তাপ দিতে হবে। পাত্রে একটি থারমোমিটার থাকবে যেখানে তাপমাত্রা দেখা যাবে। বিয়ারিং গরম করার জন্য বিয়ারিং হিটিং কয়েল, নিয়ন্ত্রিত তাপাধার অথবা ওয়েল বাথ ইত্যাদি বিশেষ ব্যবস্থাসম্পন জিনিষ ব্যবহার হয়ে থাকে। গ্যাস টর্চ দিয়ে বিয়ারিংকে সরাসরি হিট করা অনুচিৎ। এতে যে কোন একস্থানে অধিক গরম হওয়ার সম্ভাবনা বেশী এবং অধিক তাপের জন্য বিয়ারিং ক্ষতিগ্রস্ত হয়। তবে ছোট বার্নার দিয়ে চারদিকে সমান তাপ দিয়ে গরম করা যায়। যদি সীমিত তাপে বিয়ারিং'এর বর্দ্ধন যথেষ্ট মনে না হয় তখন সাফ্‌টটিকে বরফের মধ্যে রেখে ঠান্ডা করলে ব্যাস কমে আসে তখন গরম বিয়ারিং সহজে ঢুকান যায়। বিয়ারিং'এ সরাসরি আঘাত করে বা হাতুড়ি পেটা দিয়ে বসানো অনুচিৎ।

বিয়ারিং খোলা এবং বসানোর জন্য বিভিন্ন ধরনের হাঁতিয়ার, যন্ত্রপাতি এবং সরঞ্জামাদি বাজারে পাওয়া যায়। বিশেষ স্থানে ব্যবহারের জন্য আলাদা ধরনের যন্ত্রপাতি প্রস্তুতকারক থেকে তৈরী হয়ে থাকে। যেখানে অহরহ এবং বেশী পরিমানে বিয়ারিং খোলা/বসানোর কাজ হয় সেখানে এই সব যন্ত্রপাতি থাকা ভাল। নতুবা সাধারণ পদ্ধতি অনুসরণ করলেই যথেষ্ট।

সাফ্‌টের দুই প্রান্তের স্যাঙ্কে'এ যখন রেডিয়াল বিয়ারিং বসান হয় তখন একটি বিয়ারিংকে হাউজিং এর সাথে আবদ্ধ করে রাখা হয়। অন্যটির উভয় পার্শ্বে সামান্য একসিয়াল ক্লিয়ারেন্স রাখা হয় যাতে মেসিন চলাকালে সাফট'এ যে তাপজনিত বর্দ্ধন (Thermal expansion) হবে তখন যেন সাফট বাকা না হয়ে সোজাসুজি নিজের স্থান করে নিতে পারে। কোন কোন ক্ষেত্রে উভয় বিয়ারিং'এর পার্শ্বে ক্লিয়ারেন্স থাকতে পারে এবং সাফটের একসিয়াল প্লে আলাদা থ্রাস্ট বিয়ারিং বা থ্রাস্ট কলার দ্বারা নিয়ন্ত্রিত হয়। সুতরাং বিয়ারিং সংযোজন করার সময় এইসব ক্লিয়ারেন্সগুলি সঠিকভাবে আছে কিনা দেখতে হবে।

বিয়ারিং'এর দুইটি রেইস পথের ব্যাস ভিন্ন হয়ে থাকে। বড় ব্যাসের রেইসটি বডির সাথে এবং ছোট ব্যাসের রেইসটি সাফটের গায়ে থাকে। বিয়ারিং'এর ভিতরের রিং সাফ্‌টের গায়ে এবং বাহিরের রিং হাউজিং'এর ভিতর কি ধরনের ফিট হবে তা নির্ভর করে মেসিনের লোড এবং ব্যবহার ক্ষেত্র অনুসারে এবং বিয়ারিং ব্যাসের উপর। কোথায় কি ধরনের ফিট হবে তার সম্পর্কে ফিট ও টলারেন্স পর্বে কিছুটা আলোচিত হয়েছে। তবে বেশীর ভাগ ক্ষেত্রে বিয়ারিং সাফ্‌টের গায়ে পুশ ফিট (push fit or sliding push fit) থাকে এবং হাউজিং'এর মধ্যে সহজ পুশ ফিট থাকে। মোটামুটি ধরে নেয়া যায় যে ১০–১০০ মিঃমিঃ ব্যাসের বিয়ারিং ও সাফটের মধ্যে 0–0 ফিট হবে বা 0–.0৮ মিঃমিঃ পর্যন্ত ইন্টারফিয়ারেন্স ফিট থাকবে এবং হাউজিং এর মধ্যে যখন বসবে তখন 0–.0৫ মিঃমি ইন্টারফিয়ারেন্স ফিট হতে পারে। অর্থাৎ বিয়ারিং'এর ইনার রিং সাফ্‌টের গায়ে সাধারণ শক্ত ভাবে লাগান থাকে।

বিয়ারিংকে যখন সাফটের গায়ে রেখে চাপ দেয়া হয় তখন ভিতরের রিং সামান্য বর্ধিত (expand) হয়ে সাফ্‌টে জায়গা করে নেয়। এই বর্দ্ধনের ফলে বিয়ারিং বল বা রোলার ক্লিয়ারেন্স কিছুটা কমে যায় । বিয়ারিং বসান হয়ে গেলে পরীক্ষা করে দেখতে হবে সাফ্‌ট বা স্পিন্ডেল বিয়ারিং'এর মধ্যে সহজ এবং হালকাভাবে ঘুরে কিনা। হাত দিয়ে ঘুরিয়ে দিলে সাফ্‌ট দুই–তিন বার নিজে নিজে ঘুরে (Inertia'র কারণে) আস্তে করে থেমে যাবে।

বিয়ারিং, সাফট এবং হাউজিং'এর মধ্যে ভালভাবে আট্‌কে বসতে হবে। যদি ক্লিয়ারেন্স থেকে যায় তবে সাফ্‌ট এবং ভিতরের রিং'এর মধ্যে বা হাউজিং ও বাহিরের রিং'এ সাফট ঘুরার সময় স্লিপ (slip) হতে থাকে। এতে সাফ্‌ট গরম হয়ে যায়, ক্ষয় হয় এবং বিয়ারিং নষ্ট হয়। আবার যদি বিয়ারিং ও সাফ্টের মধ্যে ইন্টারফিয়ারেন্স (Interference) বেশী হয়ে যায় তবে বিয়ারিং'এ অধিক চাপ পড়ে এবং ভিতরের ক্লিয়ারেন্স কম হয়ে আসে এতে বিয়ারিং খোলতে বা পরাতে কষ্ট হয়। সুতরাং পরিমাণ মত ইন্টারফিয়ারেন্স সহ ফিট করা উচিৎ। বিয়ারিং'এর যে রিংটি লোড সহ ঘুরবে তা ইন্টারফিয়ারেন্স ফিট সহ বসবে অন্যটা সাধারণ ফিট বা লুজ হতে পারে।

ইন্টারফিয়ারেন্সের পরিমাণ নির্ভর করবে বিয়ারিং ব্যাস ও পুরুত্বের পরিমাণ, তাপ, পরিবেশ ইত্যাদির উপর। সাফ্‌ট ব্যাস বেশী হলে

ইন্টারফিয়ারেন্সের পরিমাণ বেশী হয়। তবে মোট ইন্টারফিয়ারেন্স সাফট ব্যাসের $\frac{১}{১০০০}$ এর কম অবশ্যই হতে হবে।

সাধারণভাবে নিম্নের ফরমূলা বিয়ারিং ইন্টারফিয়ারেন্সের জন্য ব্যবহার করা যেতে পারেঃ

$$\Delta \text{ eff} = 0.78\sqrt{\frac{dFr}{B}}\,0.0015\,\Delta T$$

Δ eff = effective interference, μm
d = Nominal bore dia in mm
Fr = Radial load,in N(Newton)
B = Bearing inner ring width in mm
ΔT = Temperature rise in ^{0}C

এন্টিফ্রিকসন **বিয়ারিং প্রকৃতিকরণ (Bearing Nomenclature) ঃ–**

এন্টফ্রিকসন বিয়ারিং এর গায়ে যে নাম্বার এবং অক্ষর থাকে তা থেকে এই বিয়ারিং'এর মাপ এবং লোড নেবার প্রকৃতি সম্পর্কে বুঝা যায়। সাধারণভাবে যে কোন প্রস্তুতকারকের বিয়ারিং বদলিয়ে অন্য প্রস্তুতকারকের বিয়ারিং ব্যবহার করা যায়। সেজন্য বিয়ারিং'এর ভিতর ও বাহিরের ব্যাস (ID & OD) এবং পুরুত্ব (width) দ্বারা আদর্শ মাপকরণ করা হয়েছে। অর্থাৎ ভিন্ন প্রস্তুত কারকের একই নাম্বারের বিয়ারিং'এর পরিমাণগুলি সমান। আবার যেমন সাফ্‌ট বা হাউজিং ব্যাস জানা থাকলে কত নাম্বারের বিয়ারিং এতে ফিট করবে তাও বুঝা যায়। যন্ত্রসংরক্ষণের ক্ষেত্রে বিয়ারিং'এর নাম্বার দেখে তা চেনার প্রয়োজন আছে। হুবাহু নাম্বারের বিয়ারিং না পেলে তার পরিবর্তে কত নাম্বারের বিয়ারিং কিছুটা পরিবর্তন করে বা সাময়িকভাবে ব্যবহার করা যেতে পারে তা নির্ণয় করা যায়।

অধিকাংশ বল বিয়ারিং'এর ভিতরের ব্যাস তাহার মূল মাপ। অর্থাৎ একই ভিতরের ব্যাসের বিয়ারিং'এর লোড নেয়ার ক্ষমতা অনুসারে বাহিরের ব্যাস ও পুরুত্ব ভিন্ন হবে এবং সেই অনুসারে বিয়ারিংকে প্রধানতঃ চারটি গ্রুপে ফেলা হয়েছে। যেমন– ১) অতি হালকা (Extra light) ২) হালকা (light) ৩) মাঝারি (Medium) ৪) ভারী ওজন (heavy duty) বহনকারী।

সেইভাবে একেকটি গ্রুপের বিয়ারিংকে একেকটি সিরিজের (series) মধ্যে ফেলা হয়েছে অর্থাৎ Extra light হলে 100, light হলে 200, Medium হলে 300 এবং heavy duty হলে 400 সিরিজ হবে এবং সেই অনুসারে বিয়ারিং'এর বাহিরের ব্যাস এবং পুরুত্ব ভিন্ন হবে। এগুলিকে ডায়ামিটার সিরিজও বলা যায়। এন্টিফ্রিকশন বিয়ারিং এর মাপের ক্ষেত্রে মেট্রিক পদ্ধতি অধিকতর ব্যবহৃত হয় এবং আন্তর্জাতিক রীতি অনুসারে প্রস্তুতকারীরা মেট্রিক পদ্ধতির নম্বর দিয়ে থাকে। সেই অনুসারে বিয়ারিং'এর পরিমাপ মিঃমিঃ দিয়ে প্রকাশ করা হয়। ইঞ্চিতে তাহা পরিবর্তন করে নেয়া যায়। তবে ইঞ্চি পদ্ধতির মাপ অনুসারে কেহ কেহ বিয়ারিং তৈয়ার করে এবং সেভাবে নম্বর দিয়ে থাকে।

একটি বিয়ারিং'এর যে নাম্বার থাকে তার শেষ দুটি সংখ্যা বিয়ারিং এর ভিতরের ব্যাসের মাপ বুঝায়, এবং সেই সংখ্যাকে ৫ দিয়ে গুণ করলে যত হবে বিয়ারিংটির I.D তত মিঃমিঃ। নাম্বার 04 হলে তাহা ২০ মিঃমিঃ, 15 হলে 75 মিঃমিঃ ইত্যাদি। এবার সিরিজের সাথে মিলিয়ে বিয়ারিং'এর সংখ্যাগুলির অর্থ দাড়ায় এমন–104 হলে অতি হালকা সিরিজের এবং I.D-20 মিঃমিঃ। 415 হলে ভারী সিরিজের এবং I.D হবে 75 মিঃমিঃ ইত্যাদি। সিরিজ অনুসারে অতি হালকার জন্য বাহিরের ব্যাস এবং পুরুত্ব এক রকম হবে, মাঝারির জন্য এক রকম হবে এবং ভারীর অন্য রকম।

ভিতরের ব্যাস যদি ২০ মিলিমিটারের কম হয় অর্থাৎ শেষ নম্বর যদি 04 এর নীচে হয় তবে তা ৫ এর গুনন অনুসারে পরিমাপ হবে না । তার মাপ নিম্নমান অনুসারে ধরা হয়ঃ

শেষ নম্বর		মিঃ মিটারে ভিতরের ব্যাস		ইঞ্চিতে ভিতরের ব্যাস
00	-	10 mm	-	0.3937 inches
01	-	12 mm	-	0.4724 inches
02	-	15 mm	-	0.5906 inches
03	-	17 mm	-	0.6693 inches

অর্থাৎ 201 হলে হালকা সিরিজের এবং I.D-12mm,100 হলে অতি হালকা সিরিজের এবং I.D-10mm ইত্যাদি। আবার শেষ নাম্বার যদি 96 এর বেশী হয় অর্থাৎ ভিতরের ব্যাস 480mm এর বেশী হলে আরেক নিয়ম অনুসরণ

করতে হবে। তখন শেষ নম্বর যত হবে ব্যাসও তত মিঃমিঃ। অর্থাৎ ৫০০ মিঃমিঃ ভিতরের ব্যাস হলে নাম্বার হবে 500.

বিভিন্ন প্রকারের বল বিয়ারিং'এর ভিতরের ব্যাস অনুসারে শেষ নম্বর বা বোর নম্বর কত হবে এবং সেইভাবে কয়েকটি প্রস্তুতকারকের তালিকা পুস্তকের শেষে সংযুক্ত টেবিল দেয়া হল যা থেকে বিয়ারিং প্রকৃতিকরণ সম্পর্কে জানা যাবে।

বিয়ারিং'এর নাম্বার থেকে বিয়ারিংটি কোন টাইপের তাহাও বুঝা যায় যেমন– প্রথম সংখ্যাটি যদি 1হয় তবে নিজ সমন্বয়কারী (self aligning) বিয়ারিং, যদি 2 হয় তবে স্ফেরিকাল রোলার (spherical roller) বল বিয়ারিং, 5 হলে থ্রাস্ট বল বিয়ারিং, 6 হলে ডিপ গ্রুভ (Deep groove) বল বিয়ারিং ইত্যাদি। এই সংখ্যাটি সিরিজ সংখ্যার আগে থাকে। অর্থাৎ 6208 নাম্বার থেকে বুঝা যাবে বিয়ারিংটি ডিপ গ্রুভ বল বিয়ারিং, হালকা সিরিজের, ভিতরের ব্যাস ৪০ মিঃমিঃ।

বিয়ারিং'এর চারটি সিরিজ প্রধান হলেও প্রকৃতপক্ষে এই সিরিজের সংখ্যা এখন আরো বেশী। অর্থাৎ একই ভিতরের ব্যাসের জন্য সাত রকমের বাহিরের ব্যাস হতে পারে এবং আট রকমের পুরুত্ব হতে পারে। এগুলির পরিমাপ অনুসারে একেকটি সিরিজ হতে পারে এবং একে ডাইমেনসন সিরিজ (Dimension series) বলা হয়। একেক ধরনের বিয়ারিং'এর জন্য এর প্রকার ভেদ কম বেশী হয়ে থাকে। উপরের হিসাব অনুসারে ৫২ প্রকারের ড়াইমেনসন সিরিজ হওয়ার কথা; আসলে কোন বিয়ারিং'এর জন্য প্রকারভেদ ৩৯, কোনটির রকম ২৪ বা ১৪ ইত্যাদি হয়। ডাইমেনসন সিরিজের প্রথম সংখ্যাটি পুরুত্ব অনুসারে এবং

দ্বিতীয়টি বাহিরের ব্যাস অনুসারে ধরা হয়। যেমন ৪২ অর্থাৎ পুরুত্ব হল চতুর্থ গ্রেডের এবং বাহিরের ব্যাস দ্বিতীয় গ্রেডের। যদি বিয়ারিং এর গায়ে নাম্বার থাকে 68206 তাহলে বুঝতে হবে যে বিয়ারিংটি ডিপ গ্রুভ ধরনের, পুরুত্ব অষ্টম গ্রেডের, ইহা দ্বিতীয় সিরিজ বা হালকা সিরিজের এবং ইহার ভিতরের ব্যাস ৩০ মিঃমিঃ।

পুরুত্বের ভিন্নতা অনুসারে Width series ধরা হয়। যদিও ৮ রকমের পুরুত্ব সিরিজে আছে কিন্তু 1-4 সিরিজের পুরুত্ব অতি হালকা থেকে ভারী এই বিভক্তির সাথে মিল রাখা হয়েছে। অনুরূপ ডায়ামিটার সিরিজকে যদিও ৭ রকমের করা হয়েছে, কিন্ত 1-4 সিরিজের ব্যাস 100 থেকে 400 এই বিভক্তির সাথে সমন্বয় রক্ষা করা হয়েছে।

বিয়ারিং এর উপরে একদিকে প্রস্তুতকারকের নাম এবং দেশের নাম থাকে, অন্য প্রান্তে সংখ্যা ছাড়াও বিয়ারিং এর উপর নম্বরের সাথে বা একটু আলাদা দূরত্বে ইংরেজী অক্ষর বা অক্ষরসমুহ থাকে যা দ্বারা কিছু চিহ্নিত হয়। এই অক্ষরগুলিও অর্থ বহন করে। যেমন 'Z' অর্থাৎ বিয়ারিং'এর একদিকে সিল্ড বা metallic sealing আছে, যদি 'ZZ' হয় তবে উভয় দিকে সিল্ড আছে। T থাকলে বুঝতে হবে ইহা ইঞ্চি সিরিজের টেপার রোলার বিয়ারিং। C_0 থেকে C9 পর্যন্ত ১০ প্রকারের রেডিয়াল ক্লিয়ারেন্সকে বুঝায়। C_0 হল সূক্ষ্ম ক্লিয়ারেন্স এবং C9 থাকলে সর্বোচ্চ ক্লিয়ারেন্স ইত্যাদি। বিয়ারিং এর গায়ে সংখ্যা এবং অক্ষর দ্বারা বিয়ারিংটির পরিমাপ, সহ্যসীমা, প্রকৃতি সব কিছু বিবরণ দেয়া সম্ভব। যে বিয়ারিং'এ যতটা বিবরণ দরকার সে অনুসারে তার উপর চিহ্নিত করা হয়ে থাকে, বাকীগুলি বাদ দেয়া হয়। বিয়ারিং'এ যে সব সাংকেতিক অক্ষর এবং সংখ্যা থাকে তা থেকে নির্বাচিত কিছু সংকেত ও তার অর্থ নিম্নের তালিকায় দেয়া হলঃ

১। পূর্বনাম সম্পর্কিত (prefix)

E = স্টীলের বিয়ারিং যার খোলস আলাদাভাবে শক্ত করা হয়ে থাকে (Case hardened steel bearing)

EC = যে বিয়ারিং সাফ্‌টের সম্প্রসারণকে সমন্বয় করে নিতে পারে (Expansion Compensating bearing)

F = স্টেনলেস স্টীল বিয়ারিং (stainless steel bearing)

T = ইঞ্চি সিরিজের টেপার রোলার বিয়ারিং (Inch series tapered roller bearing)

C = মেট্রিক সিরিজের টেপার বল ও রোলার বিয়ারিং

২। সিরিজ এবং সাইজ সম্পর্কিত (series & sise)

1 = এলাইনমেন্ট সমন্বয়কারী বল বিয়ারিং (self aligning ball bearing)

2 = স্ফেরিকাল রোলার বিয়ারিং (spherical roller bearing)

3 = টেপার রোলার বিয়ারিং (Tapered roller bearing)

4 = দ্বিগুণ সারির টেপার রোলার বিয়ারিং (Double row tapered roller bearing)

5 = থ্রাস্ট বল বিয়ারিং (Thrust ball bearing)

6 = ডিপ গ্রুভ বল বিয়ারিং (Deep groove ball bearing)

7 = কৌণিক স্পর্শের বল বিয়ারিং (Angular contact ball bearing)

BC = মেট্রিক সিরিজের ক্ষুদ্র বল বিয়ারিং (Metric series miniature ball bearing)

৩। ভিতরের ডিজাইন সম্পর্কিত (Internal design)

A-কৌনিক বল বিয়ারিং সাধারণতঃ যাহার স্পর্শডকাণ ৪০° থাকে (Angular contact general ball bearing with contact angle 40^0)

উচ্চ ক্ষমতাসম্পন্ন স্ফেরিকাল রোলার বিয়ারিং (High capacity type spherical roller bearing)

৪। সেম্ফার সম্পর্কিত (Chamfer)

X_1 = কম সেম্ফার
X_3 = সাধারন সেম্ফার
X_n = বিশেষ সেম্ফার (special chamfer)

৫। রিটেইনার সম্পর্কিত (Retainer)

F_I = স্টীলের মেসিন করা খাচা (Mach ined steel cage)
L_I = পিতলের মেসিন করা খাচা (Machined brass cage)
T_2 = প্লাষ্টিক, নাইলন বা টেফলনের খাচা।

৬। সীল বা সিল্ড সম্পর্কিত (seal or shield)

Z = বিয়ারিং এর এক দিকে সীল (seal)
ZZ = বিয়ারিং এর উভয় দিকে সীল (seal)
ZA,ZZA যে সিল্ড বের করে নেয়া যায়। (Removable shield)
LB,LLB = একদিক, উভয় দিকের সিনথেটিক রাবারের সীল।

৭। রিং সম্পর্কিত (Ring modification)

D = বিয়ারিং রিং'এ তেলের জন্য ছিদ্র আছে।
NR = বাহিরের রিংএ স্ন্যাপ রিং লাগানোর ব্যবস্থা আছে।

৮। দ্বিগুণ ব্যবস্থা সম্পর্কিত (Duplex arrangement)

DB = পিঠে পিঠে লাগানোর ব্যবস্থা (Back to back arrangement)
DF = মুখে মুখে লাগানোর ব্যবস্থা (Face to face arrangement)

৯। ভিতরের ক্লিয়ারেন্স সম্পর্কিত (Internal clearance)

C_O-C_9 = বিভিন্ন মাপের রেডিয়াল ক্লিয়ারেন্স (Radial internal clearances of different measurement)
CM = মটর বিয়ারিং'এর রেডিয়াল ক্লিয়ারেন্স

১০। সহ্য সীমা সম্পর্কিত (Tolerance)

B_3-B_9 = বিভিন্ন পরিমাপের সহ্যসীমা (Tolerences of different measurement)

0,- 00,-2,-3 = ইঞ্চি মাপের বিয়ারিং'এর বিভিন্ন সহ্যসীমা।

১১। লুব্রিকেন্ট সম্পর্কিত (Pre- lubricant)

IE = Esso Andok C grease

4M = Toray Silicone SH 44M grease

উপরের বিবরণ ছাড়াও বিশেষ অক্ষর প্রস্তুতকারক নিজস্ব বিয়ারিং তৈয়ারীর ক্ষেত্রে দিতে পারে কিন্তু তাহা খুবই নগন্য পরিমানের। এতসব বিবরণ যন্ত্রসংরক্ষণের কাজে আসে না। যেটা বিশেষভাবে জানা দরকার তাহা হল বিয়ারিংটির ব্যাস যা সর্বত্র সিরিজ ও সংকেত সংখ্যার শেষ দুটি সংখ্যা দ্বারা বুঝা যায় এবং তার পূর্ববর্তী একটি বা দুইটি সংখ্যা যত দ্বারা লোড এবং প্রকৃতি বুঝায়।

ইঞ্চি মাপের জন্য বিয়ারিং'এ যে নাম্বার থাকে তা প্রস্তুতকারকের তালিকা থেকে পরিমাপগুলি পাওয়া যায়। তবে মোটামুটি যে নীতি অনুসরণ করা হয় তা হল এক ইঞ্চিকে ৮ ভাগ বা দশ ভাগ অনুসারে। যেমন SKF এরবিয়ারিং'এর RLS8 মানে হল ডিপ গ্রুপ বল বিয়ারিং যার ভিতরের ব্যাস ১ ইঞ্চি,10 হলে $১\frac{১}{৪}$ ইঞ্চি। আবার Normal কম্পানির LS10 এর অর্থ হল ডিপ গ্রুপ বল বিয়ারিং এর 1.D-১'ইঞ্চি, ১২হলে $১\frac{১}{৫}$ ইঞ্চিইত্যাদি।

যেহেতু ইন্টারন্যাশনাল আদর্শ মান অনুসারে মেট্রিক পদ্ধতির নীতিই প্রায় সকল প্রস্তুতকারক মানে এবং বিয়ারিং'এর নাম্বার দিয়ে থাকে সুতরাং এই পদ্ধতিরই অধিক বিবরণ দেয়া হল। বিয়ারিং'এর নাম্বার থেকে এর প্রকৃতি ও I.D বুঝা গেলেও O.D বা পুরুত্ব সঠিক বুঝা যায় না। একেক I.D এবং একেক সিরিজের জন্য এর ক্রমবৃদ্ধি সমান নয়। ফলে বিয়ারিং সিরিজের টেবিল থেকে তা দেখে নেয়া উচিৎ।

অষ্টম অধ্যায়

লুব্রিকেসন
LUBRICATION

যন্ত্রের বিয়ারিং বা অন্য কোন চলমান অংশ যা আরেকটি যন্ত্রাংশের সাথে ঘর্ষণ বা স্পর্শ করার সম্ভাবনা আছে এমন স্থান সমূহকে তৈলাক্তকরণ অর্থাৎ লুব্রিকেসন অত্যন্ত জরুরী। লুব্রিকেসন বিয়ারিং'এর মধ্যে নিম্নলিখিত কার্য্য সমাধা করে থাকেঃ

১। ঘর্ষণ শক্তি রোধ করে অর্থাৎ ঘর্ষণ বাধা কমায়।
২। ক্ষয় রোধ করে।
৩। তাপ বহন করে ও বিয়ারিংকে ঠান্ডা রাখতে সাহায্য করে।
৪। মরিচা পড়তে দেয় না।
৫। বাইরের কোন বস্তু বা ধুলা বালি ঢুকতে দেয় না।
৬। বিয়ারিং'এর কার্য্যক্ষমতা বাড়ায় ও বেশী দিন টিক্তে সাহায্য করে।

বিয়ারিং ছাড়াও গিয়ার, ক্রেঙ্ক,কোন কোন সাফ্ট, জয়েন্ট ইত্যাদিতে লুব্রিকেসনের প্রয়োজন হয়। লুব্রিকেসন দ্বারা সঠিক গুণ পেতে হলে লুব্রিকেন্ট নির্বাচন করা, লুব্রিকেসন প্রণালী নির্বাচিত করা ও এই তৈলকে আবদ্ধ রাখার জন্য বা বাহিরের কোন বস্তু যাতে তেলের সাথে মিশতে না পারে তার জন্য সিলিং'এর (Sealing) ব্যবস্থা করা বিশেষ প্রয়োজন। আমরা বিভিন্ন ধরনের বিয়ারিং'এ ব্যবহৃত তৈল ও তৈলাক্তকরণ পদ্ধতি সম্পর্কেই অধিক আলোচনা করব।

লুব্রিকেন্টস (Lubricants) তৈলাক্ত বা পিচ্ছিলকারক পদার্থ যা সাধারনতঃ যন্ত্রপাতিতে ব্যবহৃত হয়ে থাকে। লুব্রিকেন্টস অনেক রকমের হতে পারে যেমন; খনিজ তৈল (Mineral oil), প্রাণীজাত চর্বি ও তৈল (animal fats & oils) এবং বনস্পতি তৈল (Vagetable Oils), পানি, তরল গ্যাস

অথবা এইগুলির মিশ্রণ। পেট্রোলিয়াম থেকে প্রস্তুত লুব্রিকেন্টসই অধিকাংশ ব্যবহার হয়ে থাকে। তবে গুনাগুণ পরিবর্তনের জন্য অন্যান্য পদার্থ মিশ্রিত (blending) করা হয়ে থাকে। ঘন বা কঠিন পদার্থের লুব্রিকেন্টসও আছে, যথা–গ্রাফাইট (graphite), মোলিবডেনাম ডাইসালফাইড (Molybdenum disulfide), যা বিশেষ ক্ষেত্রে ব্যবহার হয়ে থাকে; অথবা কোন তেলের সাথে মিশ্রিত করে ব্যবহৃত হয়ে থাকে। বর্তমান যুগে সিনথেটিক লুব্রিকেন্টসের বেশ ব্যবহার আছে। যেমন–সিলিকন ফ্লুয়িড (Silicone fluid), ইস্টার (easters) যা কোন কোন ক্ষেত্রে অত্যন্ত উপযোগী। বিশেষ করে নিম্ন তাপমাত্রায় এর ব্যবহার বেশী। এমনকি –৩০°C পর্যন্ত শীতল তাপমাত্রায়ও সিনথেটিক লুব্রিকেন্টস (Synthetic Lubricants) কাজ করে থাকে।

পেট্রোলিয়ামকে পরিশোধন, ডিস্টিলেসন ইত্যাদি প্রক্রিয়ার মাধ্যমে লুব্রিকেন্টস পর্যায়ে আনা হয় এবং প্রয়োজন মোতাবেক অন্যান্য রাসায়নিক পদার্থ ও এডিটিভস (Additives) মিশ্রিত করা হয়। এডিটিভস যুক্ত হওয়ার ফলে তেলের কার্য্যক্ষম আয়ূ বেড়ে যায়, ভিসকসিটি ইনডেক্সের উন্নতি হয়, মরিচা পড়া বন্ধ করে এবং তেলে ফোম তৈরী হতে বাধা দেয়।

আবার তেলের সাথে পানি মিশ্রিত করে এক রকমের ইমালসন ওয়েল তৈরী করা হয় যা ধাতু কাটা–চেরা এবং মেসিনিং'এর সময় কোলিং লুব্রিকেন্ট হিসাবে ব্যবহার হয়। প্লাষ্টিক জাতীয় কিছু পদার্থ যেমন (Polytretraflu-orethylene) অথবা নাইলন (Nylon) বিয়ারিং'এর ভিতরের ঘর্ষণ আবরনে ব্যবহার হলে কোন আলাদা লুব্রিকেন্টস লাগে না। তবে এসব বিয়ারিং'এর বেশী চাপ (Load) বহন করার ক্ষমতা থাকে না। লুব্রিকেন্টস প্রধানতঃ নিম্নলিখিত গুণাগুণ দ্বারা বিবেচিত হয়ে থাকেঃ

(ক) **ভিসকসিটি (Viscosity)ঃ–** ভিসকসিটি বা পিচ্ছিলতা লুব্রিকেটিং তেলের মূল ধর্ম এবং ইহা দ্বারাই তেলের চরিত্র পার্থক্য নির্ণয় হয়ে থাকে। তেল নির্বাচনের সময় ভিসকসিটির উপরই বেশী গুরুত্ব দেয়া হয়। কোন তরল বা বায়বীয় পদার্থের প্রবাহ সৃষ্টির প্রকৃতিকে ভিসকসিটি বলা যেতে পারে। বস্তুত ইহার সূত্র হল প্রবাহের (flow) সিয়ার ষ্ট্রেস (Shear stress) ও সিয়ার হারের (Shear stress) অনুপাত।

অর্থাৎ $V = Z / \frac{\partial v}{\partial r}$

V = Viscosity, Z = Shear stress in dyne/ cm^2 or 10^{-1} N/m^2

$\frac{\partial v}{\partial r}$ = shear rate, $\frac{cm}{sec}$ / cm

এই সূত্র অনুসারে ভিসকসিটির একক্কে পোজ (Pose) বা সংক্ষেপে P বলে।

$1p = 10^{-1} NS/m^2$

সাধারনত বেশী ভিসকসিটির তেল অল্প গতি ও ভারী শক্তি সম্পন্ন কাজে এবং কম ভিসকসিটির তেল দ্রুতগতি সম্পন্ন কাজে ব্যবহৃত হয়ে থাকে। তাপমাত্রার পরিবর্তনের সাথে সাথে ভিসকসিটির পরিবর্তন হয়। তাপমাত্রা বাড়লে ভিসকসিটি কমবে। সুতরাং কত তাপমাত্রায় বা কি পরিবেশে তেল ব্যবহার করা হচ্ছে সে অনুসারে ভিসকসিটির মাত্রা নির্ণয় করা উচিত। তাপমাত্রার সাথে ভিসকসিটির এই পরিবর্তনের সম্পর্ককে ভিসকসিটি ইনডেক্স (Viscosity index) দ্বারা দ্বারা প্রকাশ করা হয়। তেলের উপর চাপ বাড়লে ভিসকসিটিও বেড়ে যায়, তবে পরিবর্তনের হার খুব কম বলে আলোচনা নিষ্প্রয়োজন।

বাস্তব ক্ষেত্রে তেলের ভিসকসিটি পরিমাপের জন্য সরু নল জাতীয় (Capillary) ভিসকোমিটার ব্যবহার করা হয়ে থাকে। অর্থাৎ নির্দিষ্ট পরিমান তেল একটি কাচের নলে নেয়া হয় এবং ইহা একটি বিশেষ মাপের ছিদ্র (Orifice) দিয়ে কতক্ষন সময়ে পড়ে তার হিসাব ধরা হয়। আসলে এইভাবে আমরা ভিসকসিটি ও ডেনসিটির অনুপাত মেপে থাকি এবং বিজ্ঞানের ভাষায় একে Kinematic Viscosity বা গতিশীল পিচ্ছিলতা বলে। ইহার এককের নাম স্টোকস (Stokes) বা সেন্টিস্টোকস, সংক্ষেপে Cst। ভিসকসিটি এবং কাইনমেটিক ভিসকসিটির মধ্যে তেমন পার্থক্য নাই। কয়েকটি দেশে এবং সংস্থায় আলাদা ধরনের ভিসকোমিটার (Viscometer) ব্যবহার করায় তাদের নামকরণ ও পরিমাপ সংখ্যা ভিন্ন। তার মধ্যে Saybolt Universal Second এবং সংক্ষেপে SUS বিশেষ পরিচিত যেখানে সেকেন্ডের সংখ্যা অনুসারে মান ধরা হয়। ইউরোপে আরেক নিয়মে ভিসকসিটি মাপা হয়। একে এঙ্গলার (Engler) বলে এবং ^0E হিসাবে প্রকাশ করা হয়। ২০০ cm^3 তেল বিশেষ কেপিলারি ভিসকোমিটার'এর নির্দিষ্ট ছিদ্র দ্বারা বের হতে যে সময় লাগে বা যত সেকেন্ড লাগে তাকে সমপরিমান পানি ২০^{0}C তাপমাত্রায় ঐ মিটারের মধ্যে

দিয়ে বের হতে যত সেকেন্ড সময় লাগে তা দ্বারা ভাগ করলে যে সংখ্যা পাওয়া যায় উহাই ঐ তেলের এঙ্গলার ভিসকসিটি।

খ) **তৈলাক্ততা (Oiliness)ঃ–** এই গুণের জন্য লুব্রিকেন্টস কোন জিনিষের গায়ে বিশেষ করে ধাতুর গায়ে ভালভাবে আটকে থাকে যা বিয়ারিং'এর মধ্যে তেলের একটি স্তর (Oil film) সৃষ্টি করতে সাহায্য করে।

গ) **তৈলের ঘনত্ব (Oil density)ঃ–** ডেনসিটি মিটার দ্বারা মাপা হয় এবং ডিগ্রী দ্বারা প্রকাশ করা হয়। যেমন ৫০°, ৭৫° ইত্যাদি।

ঘ) **ফ্লাশ পয়েন্ট (Flash point)ঃ–** যে তাপমাত্রায় তেলের ফিউমস (Fumes) বাতাসের সাথে মিশ্রিত হয়ে এমন হয় যে স্পার্ক করা বা অগ্নি সংযোগ করার সাথে সাথে জ্বলে উঠে তাকে ফ্লাশ পয়েন্ট বলে। সহজ ভাবে বলা যায় যে এই তাপমাত্রায় তেল তরল অবস্থা থেকে বাষ্পায়িত হয়ে বাতাসের সাথে মিশে যেতে পারে।

ঙ) **পোর পয়েন্ট (Pour point) ঃ–** যে তাপমাত্রায় তেল তার তরলতা হারায় অর্থাৎ তরল অবস্থা থেকে জমাট বাধতে থাকে তাকে পোর পয়েন্ট বলে। পোর পয়েন্ট এবং ফ্লাশ পয়েন্ট দ্বারা তেল ব্যবহার তাপমাত্রার ব্যাপ্তি (range) নির্ধারিত হয়।

গ্রীজ (Grease)

গ্রীজ ভারী ও ঘন জাতীয় লুব্রিকেন্টস যা মিনারেল ওয়েল বা সিনথেটিক ওয়েলের সাথে মেটাল সোপ (metal soap), এবং চর্বি জাতীয় পদার্থ মিশ্রিত করে ঘনীভূত করে তৈরী করা হয়। গুণ বা চরিত্র উন্নতির জন্য এর সাথে অন্যান্য এডেটিভস যুক্ত করা হয়ে থাকে। গ্রীজের কার্য্যক্ষমতা তার মূল তৈলের (base oil) উপর নির্ভরশীল। সাধারনতঃ যে মূল তৈলের ভিসকসিটি কম তা উচ্চ গতির জন্য উপযুক্ত, আবার যে মুল তৈলের ভিসকসিটি বেশী তা উচ্চ তাপ ও বেশী লোডের জন্য কার্যকরী। ব্যবহারের তারতম্যের কথা চিন্তা করে বিভিন্ন ধরনের মেটাল সোপ যথা কেলসিয়াম সোপ, সোডিয়াম সোপ, লিথিয়াম সোপ মিশ্রিত হয়ে থাকে।

গ্রীজ কতটা নরম তাহা কনসিস্টেন্সী সংখ্যা দ্বারা নির্ণিত হয়। অর্থাৎ নির্দিষ্ট ওজনের একটি কোন (cone) গ্রীজের মধ্যে ছেড়ে দিলে উহা নির্দিষ্ট সময়ের মধ্যে যতটুকু গভীরতায় প্রবেশ করতে পারল সেই অনুসারে প্রতি $\frac{১}{১০}$ মিঃমিঃ পরিমাপকে একক ধরে কনসিস্টেন্সী সংখ্যা নির্ধারিত হয়। এই সংখ্যা যত বেশী সেই গ্রীজ তত নরম। National Lubricating Grease Institute (সংক্ষেপে NLGI) গ্রীজেকে কয়েকটি সাধারণ পর্যায়ে বিভক্ত করেছে। নিম্নে NLGI No. তদসম্পর্কিত ASTM এর Consistancy বা Penetration index তথা তাদের ব্যবহার স্থান উল্লেখ করা হলঃ

ছক নং—২০ গ্রীজের প্রকারভেদ ও ব্যবহার স্থান

NLGI NO	ASTM PENETRATION INDEX	APPLICATION
0	385 - 355	Centralized lubrication (কেন্দ্রীয় লুব্রিকেশন পদ্ধতিতে)
1	340 - 310	ঐ
2	295 - 265	General use, use in sealed Ball bearings. (সাধারণ সর্ববিধ ব্যবহার, সীলকৃত বল বিয়ারিং এ দেয়া হয়।
3	250 - 220	For high temperature and general use. (উচ্চ তাপমাত্রায় ব্যবহার উপযোগী, এছাড়া সাধারণ কাজেও ব্যবহার করাযায়।)
4	205 - 175	For special use and for grease sealing. (বিশেষ ক্ষেত্রে ব্যবহারযোগ্য এবং গ্রীজ দ্বারা যেখানে সীল করার প্রয়োজন হয়)

গ্রীজ নির্বাচনে তার Dropping এবং base oil viscosity কেও গুরুত্ব দেয়া হয়। যে তাপমাত্রায় গ্রীজ তরল প্রকৃতিতে রূপান্তরিত হয় অর্থাৎ ফোটায় ফোটায় পড়ে যাওয়ার মত নরম হয়ে যায় তাহাকে গ্রীজের ড্রপিং পয়েন্ট (Dropping Point) বলে।

লুব্রিকেসন পদ্ধতি (Lubrication Method)

লুব্রিকেসন পদ্ধতিকে (Lubrication Method) প্রথমে দু'টি ভাগে বিভক্ত করে নেয়া যায়। অর্থাৎ গ্রীজ লুব্রিকেসন এবং ওয়েল লুব্রিকেসন। গ্রীজ লুব্রিকেশনের সিলিং পদ্ধতি সহজ। একবার গ্রীজ দিয়ে দিলে তা বেড়িয়ে পড়ে যাওয়ার সম্ভাবনা কম; ফলে অনেকদিন পর্যন্ত লক্ষ্য রাখা ছাড়াই চলতে পারে। ইহা বহন করা এবং প্রয়োগ করা সহজ বিধায় সাধারণ ক্ষেত্রে বেশী ব্যবহৃত হয়। তবে ইহার তরলতা কম। একই গ্রীজ ঘর্ষন স্থানে দীর্ঘ সময় অবস্থান করে এবং বাহিরের ধুলাবালি সেই স্থানে যুক্ত হয়ে যন্ত্রাংশকে ক্ষয় করার সম্ভাবনা থাকে। সর্বপোরি গ্রীজের তাপ বহন করে নিয়ে যাওয়ার ক্ষমতা কম। অন্য দিকে তৈল তরলতার জন্য তাপ বহন করে নিয়ে যেতে পারে। ধূলা বালি মিশ্রিত হলে তা বিয়ারিং হতে ধৌত হয়ে চলে যেতে পারে। ইহা ছাড়াও বড় মেসিন পত্রে তরলায়িত চাপ (acoustic effect) ও কম্পন নিবারনে লুব্রিকেটিং তৈল উপকারে আসে। তবে তেলের প্রয়োগ পদ্ধতি সহজ নয়। রক্ষণাবেক্ষণ করতে হয় এবং সিলিং পদ্ধতি ঠিক আছে কিনা দেখতে হয়। বিশেষ করে কোন সময়ে যেন তেল শূন্য অবস্থায় মেসিন না চলে সে দিকে যথেষ্ট খেয়াল রাখতে হয়, কিন্তু গ্রীজের বেলায় তার প্রয়োজন হয় না।

গ্রীজ লুব্রিকেসন :– যে সব বিয়ারিং'এ ঘন ঘন গ্রীজ দিতে হয় সেখানে গ্রীজ দেয়ার জন্য হাউজিং'এর এক দিকে নিপল দেয়া থাকে; গ্রীজ গান বা গ্রীজ পাম্পের সাহায্যে সময়ে সময়ে সেখানে গ্রীজ প্রবেশ করানো হয়। হাউজিং'এর কয়েকটি অংশ থাকে। যে দিক থেকে গ্রীজ দেয়া হয় তার বিপরীত দিকে গ্রীজ রিলিভিং ভাল্ব থাকে, যেখান দিয়ে অতিরিক্ত বা পুরাতন গ্রীজ বের হয়ে যেতে পারে। যে সব হাউজিং'এ নিপল থাকে না তার পার্শ্ব কভার খুলে গ্রীজ দিতে হয়। গ্রীজ খারাপ হয়ে গেলে যখন সম্পূর্ন পরিবর্তন করতে হয় তখন হাউজিং বা পার্শ্ব ঢাকনা খুলে ভালভাবে পরিষ্কার করে কেরোসিন বা থিনার

দিয়ে ধুয়ে পরিষ্কার কাপড়ে মুছে নিয়ে বাতাস দিয়ে শুকিয়ে নূতন গ্রীজ দেয়ার নিয়ম।

কি পরিমান গ্রীজ ব্যবহার করা হবে তা হাউজিং বা বিয়ারিং খাচার উপর নির্ভর করে। কম গতি সম্পন্ন বিয়ারিং'এ অতিরিক্ত গ্রীজ দিলে ক্ষতির কিছু নাই, কিন্তু মধ্যম বা উচ্চ গতিতে বেশী গ্রীজ তাপ উৎপন্ন করে। গ্রীজ তাড়াতাড়ি গলে যায়, গুণাগুণের পরিবর্তন ঘটে এবং কখনো লিক হয়ে বেড়িয়ে আসতে পারে। সাধারণভাবে বলা যায় যে বিয়ারিং এবং হাউজিং মিলিয়ে যে পরিমাণ জায়গা (Space) আছে তার ৪০-৬০% স্থান গ্রীজ দ্বারা পূর্ন করা উচিৎ। যদি বিয়ারিং'এর গতি বেশী হয় বা পরিবেশের তাপমাত্রা বেশী থাকে তবে সে অনুসারে ২০-৪০% স্থান পর্যন্ত পূর্ন করাই যুক্তিসঙ্গত।

গ্রীজ কত দিন ভাল থাকতে পারে বা কত সময় পরে পরিবর্তন দরকার তা নির্ভর করে বিয়ারিং'এর টাইপ, আকার, পরিচালন পরিবেশ ও অবস্থার উপর। গ্রীজ জলীয় বাষ্প, গ্যাস, ধুলাবালি ও অন্যান্য ময়লা দ্বারা কতটা আক্রমণ হয়েছে সেই অনুসারেই পরিবর্তন সময়সীমা নির্ধারিত হতে পারে। সাধারণভাবে বলা যায় যে ৬ মাস থেকে এক বৎসরের মধ্যে অর্থাৎ ৫০০০-১০,০০০ চলমান ঘন্টার (running hour) মধ্যে গ্রীজ পরিবর্তন করে দেয়া ভাল। তবে পরিবেশ ভাল হলে ১/২ বৎসর পর্যন্ত অপেক্ষা করা যেতে পারে। তবে মাঝে মধ্যে গ্রীজের অবস্থা দেখা উচিৎ এবং নূতন গ্রীজ সংযোগ করে পরিমাণ ঠিক রাখা দরকার।

ওয়েল লুব্রিকেসন :- বিয়ারিং'এ তেল দেয়ার পদ্ধতি অনেক আছে। তার মধ্যে নিম্নলিখিত পদ্ধতি সমূহ অধিকাংশ ক্ষেত্রে প্রযোজ্য :-

ক) ওয়েল বাথ লুব্রিকেশন :- এই পদ্ধতি কম ও মাধ্যম গতি সম্পন্ন বল বিয়ারিং 'এ বহুলভাবে ব্যবহৃত হয়। এখানে বিয়ারিং'এর হাউজিং'এ এমনভাবে তেল দেয়া হয় যেন তাহা বিয়ারিং'এর নিম্ন বলটির কেন্দ্র পর্যন্ত থাকে। হাউজিং'এর সাথে একটি তেলের গেজ লাগানো থাকে যার মধ্যে দিয়ে তেলের পরিমান লক্ষ্য করা যায়।

খ) স্প্লাশ লুব্রিকেসন:- স্প্লাশ লুব্রিকেসন (Splash librication) বা ছিটান তৈলাক্ত করার পদ্ধতি উচ্চগতি সম্পন্ন বিয়ারিং'এ ব্যবহৃত হয়। বিয়ারিং এর সন্নিকটে সাফ্‌টের মধ্যে একটি চাকতি বা ইম্পেলার থাকে

যাহা হাউজিং'এর নীচের তেলের আধার (Oil reservioir) থেকে তেল নিয়ে বিয়ারিং এর উপর ছিটিয়ে বা ছড়িয়ে দেয়।

গ) ওয়েল কেইন লুব্রিকেসন ঃ- ওয়েল কেইন (Oil Cane) দ্বারা যেখানে সামান্য তেলের দরকার আবার সঠিক স্থানে তেল ঢালা দুরূহ সেসব স্থানে লুব্রিকেসন করা হয়। যেমন লিঙ্কজ, জয়েন্ট ইত্যাদি।

ঘ) ড্রিপ লুব্রিকেসন ঃ- ড্রিপ (Drip) লুব্রিকেসন'এ একটি ওয়েলার বা ওয়েল কাপ হাউজিং'এর উপর বসান থাকে যার মধ্য হতে ফোটায় ফোটায় তেল বিয়ারিং'এর মধ্যে পড়ে। কম বা মধ্যম লোড বহনকারী অথচ যার গতিবেগ উচ্চ এমন ছোট ধরনের বিয়ারিং'এ এই পদ্ধতি গ্রহণযোগ্য। প্রতি মিনিটে কত ফোটা তেল পড়তে হবে তা এড্জাষ্ট করা যায়। যন্ত্র বিশেষে ৬-১৫ ফোটা পরিমান তেল প্রতি মিনিটে পড়তে দিলেই চলে। লক্ষ্য রাখতে হবে যেন তেল বিয়ারিং এর উপরের অংশে পড়ে।

ঙ) প্রবাহ লুব্রিকেসন (Circulation or forced lubrication) ঃ- যে সকল বিয়ারিং পার্শ্ব পরিবেশ হতে বা অধিক গতি ও লোডের জন্য বেশী উত্তপ্ত হওয়ার সম্ভাবনা থাকে সেখানে প্রবাহ লুব্রিকেসন বিশেষ প্রয়োজন। যে সব মেসিনে নরম আস্তরনের জার্নাল বিয়ারিং ব্যবহার হয় সেখানে এই পদ্ধতি অত্যাবশ্যকীয়। এই পদ্ধতিতে তৈলকে কোন পাম্পের সাহায্যে তৈলাধার হতে নিয়ে একাধিক বিয়ারিং'এ এবং প্রয়োজনীয় স্থানে পাঠান হয়। বিয়ারিং হতে নিষ্কাশিত এই তেলকে কুলারের মাধ্যমে ঠান্ডা করে ছাকনীর ভিতর দিয়ে পরিষ্কার করে পুনরায় ব্যবহারের জন্য তৈলাধারে পাঠান হয়। এই লুব্রিকেসনে লক্ষ্য রাখতে হবে যে তৈল বিয়ারিং'এর মধ্যে প্রবেশের পর যেন বেরিয়ে ড্রেন হয়ে ফিরতি লাইনে চলে যায় এবং তেলের তাপ যেন মাত্রার বাহিরে না যায়।

ঙ) জেট লুব্রিকেসন (Jet lubrication) ঃ- অতি উচ্চ গতি সম্পন্ন বিয়ারিং'এ এবং যেখানে তাপ খুব বেশী হওয়ার কারন ঘটতে পারে সেখানে জেট লুব্রিকেসন বা স্প্রে লুব্রিকেসন ব্যবহার হয়। যেমন গ্যাস টারবাইন ও জেট মেসিনের বিয়ারিং'এ বা গিয়ার ট্রেন্সমেসিনে এই

পদ্ধতিতে এক বা একাধিক নজলের দ্বারা চাপের মাধ্যমে তেল প্রক্ষিপ্ত করা হয়। এই তেলকেও প্রবাহের মাধ্যমে কুলারের সাহায্যে ঠান্ডা করে ও ফিল্টার করে আবার ব্যবহার উপযোগী করে পাঠান হয়।

ভারী মেসিনের সাফ্‌ট যখন স্থির অবস্থায় থাকে তখন ইহা বিয়ারিং'এর ধাতুর উপর এমনভাবে অবস্থান করে যে সাফ্‌টের নীচের অংশ এবং বিয়ারিং'এর মধ্যে কোন তৈলের স্তর (Oil film) থাকে না। এই অবস্থা থেকে যখন মেসিন ধীরে ধীরে গতি পেতে থাকে তখন সাফ্‌টের গায়ে লেগে থাকা তেল এবং প্রবাহিত তেল নীচে প্রবেশ করতে থাকে। বিয়ারিং'এর ওয়েজ (Wedge) আকৃতির জন্য এবং সাফ্‌টের উৎকেন্দ্রিক (Eccentric) ঘূর্ণন গতির ফলে এক প্রকার পাম্পিং একসন হয় যাহা বিয়ারিং'এর নীচে তেলের চাপ সৃষ্টি করে এবং সাফ্‌টকে ভাসমান অবস্থায় রাখে। সাফ্‌ট যতক্ষন গতিশীল থাকে তেলের এই (Hydrodynamic) কার্য্য অব্যাহত থাকে।

স্থির অবস্থা থেকে যখন সাফ্‌ট প্রথম চলতে শুরু করে তখন বিয়ারিং'এর ধাতুর সাথে যে ঘর্ষণ হবে এতে কোন কোন সময় বিয়ারিং ধাতুর ক্ষতি করার সম্ভাবনা থাকে। ফলে বিশেষ ভারী সাফ্‌টের যন্ত্রে জেকিং ওয়েল পাম্প (Jacking oil pump) ব্যবহার করা হয়। এই পাম্প বিয়ারিং'এর নীচের ছিদ্র দিয়ে অতি উচ্চ চাপে প্রবাহিত হয়ে সাফ্‌টকে প্রথম ঘূর্ণমান অবস্থায় এবং ঘূর্ণমান অবস্থা হতে স্থির হওয়ার সময় কিছুক্ষণের জন্য উপরের দিকে ঠেলে ধরে রাখে যাতে লুব্রিকেশনের সুবিধা হয়।

কোন লুব্রিকেশন পদ্ধতিতে কি পরিমাণ তেল ব্যবহার করতে হবে তা নির্ভর করে বিয়ারিং'এ কি পরিমাণ তাপ সৃষ্টি হচ্ছে বা সাফ্‌ট ও অন্যান্য সংযুক্ত যন্ত্রাংশ থেকে তাপ কতটা বিয়ারিং এ সঞ্চারিত হচ্ছে। তাছাড়া বিয়ারিং লোডের পরিমান, গতি মাত্রা এবং মোট আয়তনের উপরও পরিমাণ নির্ভরশীল। কঠিন হিসাবে না গিয়ে বলা যায়, যে পরিমাণ তেল আনুমানিক হিসাব করা হবে তার দেড় গুন পরিমাণ তেল প্রথমে প্রবাহিত করে ধীরে ধীরে পরিমাণ কমিয়ে আনতে হবে ও তাপমাত্রার পরিবর্তনের দিকে সারাক্ষণ লক্ষ্য রাখতে হবে। যখন গ্রহনযোগ্য একটি স্থির তাপমাত্রায় পৌছান যাবে সেই অনুসারেই তেলের পরিমাণ

ধরা হবে। তেলের প্রবাহ (Circulation) যেখানে দরকার সেখানে এটা বেশী প্রযোজ্য। অবশ্য পরিমাণ স্থির করার সময় প্রবাহ গতিকেও হিসাবে ধরতে হবে।

কত সময়ের মধ্যে তেল পরিবর্তন করা দরকার তা নির্ণয় করা কঠিন। কারণ ইহা পরিচালন পরিবেশ, অবস্থা এবং কি পরিমাণ তেল ব্যবহার করা হয়েছে তার উপর নির্ভর করে। তবে সাধারণ ভাবে বলা যায় যে স্বল্প পরিমাণ তেল যেখানে ব্যবহার করা হয় যা আবদ্ধ অবস্থায় থাকে এবং পরিশোধন করা হয় না এবং যদি তার তাপমাত্রা ৫০°–৬০°C এর মধ্যে থাকে তবে বৎসরে একবার এবং তাপামাত্রা ৮০–১০০°C হলে বৎসরে দুই বার পরিবর্তন করা যেতে পারে। আর যদি তেলের পরিমাণ বেশী হয় এবং সার্কিটের মধ্যে তেল শোধনের জন্য যন্ত্র (Oil purifier) থাকে তবে দুই থেকে পাঁচ বৎসর পর পর তেল পরিবর্তন করলে চলে। এমনকি ক্ষেত্র বিশেষে ৮/১০ বৎসর পরেও পরিবর্তন করা যেতে পারে। যেখানে বেশী পরিমাণ তেলের প্রয়োজন সেখানে তেলকে মাঝে মাঝে পরীক্ষা করে দেখা দরকার এবং প্রয়োজন অনুসারে নূতন তেল যোগ করা দরকার। তেলের ট্যাংকের সর্ব নিম্ন ড্রেন পয়েন্ট থেকে ৩/৪ মাস অন্তর অন্তর কয়েক ড্রাম তেল ফেলে দিয়ে সম পরিমাণ নূতন তেল ঢেলে দেয়া ভাল।

তেল চলার পথে বাতাসের সাথে মিশ্রিত হয়ে অক্সিডাইজড (Oxidized) হয়, পাইপ এবং বিয়ারিং হতে ময়লা, ধূলা বালি বার করে নিয়ে যায়। কুলারের মধ্য হতে পানি লিক করে তেলের সাথে মিশতে পারে বা বাতাসের আর্দ্রতা হতে পানি গ্রহন করে থাকে। এই ভাবে দীর্ঘদিন চলতে চলতে তেলের মান এবং গুণাগুনের পরিবর্তন হয়ে যায়। এই পরিবর্তন মাত্রার বেশী হয়ে গেলে তখন আর ঐ তেল ব্যবহার উপযোগী থাকে না। সেজন্য মাঝে মাঝে তেলকে পরীক্ষা করে দেখা দরকার। সাধারনতঃ নিম্নের বিষয়গুলির উপর পরীক্ষা করা হয় এবং এর ফলাফল মাত্রা নির্ধারিত হয়।

১। **Viscosity (পিচ্ছিলতা) ঃ–** মুল মাত্রা হতে ২০% পর্যন্ত পরিবর্তন গ্রহণযোগ্য

২। **Acidity (অম্লতা)ঃ–** ০·৪ থেকে ১ মাত্রা পর্যন্ত ব্যতিক্রম সাধারন ক্ষেত্রে গ্রহন করা যেতে পারে।

৩। **Flash point (অগ্নি সংযোগ মাত্রা) ঃ–** ±১৫°C পরিবর্তন গ্রহণযোগ্য ।

৪। **Water Content (মিশ্রিত অবস্থায় পানি) ঃ–** ০·২% বা ২০০ ppm এর কম থাকা উচিৎ।

৫। **Sediment or Sludge (তলানি)ঃ–** প্রবাহিত তেলে প্রতি লিটরে ১০০ মিঃ গ্রাঃ এর কম পরিমাণ এবং টেঙ্কের তেলে ৩০০ মিঃগ্রাঃ /লিটারের চেয়ে বেশী নয়।

৬। **Emulsion factor (পানি ও তেল মিশ্রিত হওয়ার ক্ষমতা বা ধ্রুব) ঃ–** প্রায় ১৫ মিঃলিঃ/লিটার পর্যন্ত মাত্রা

৭। **Specific gravity (আপেক্ষিক গুরুত্ব)ঃ–** ±১৫% পরিবর্তন গ্রহনযোগ্য।

৮। **Colour (তেলের রং) ঃ–** মূল রং হতে সামান্য পার্থক্য।

এগুলি ছাড়াও প্রয়োজনবোধে antifoam, antirust, alkalinity ইত্যাদি পরীক্ষা করা হয়।

উপরোক্ত পরীক্ষায় যদি দুই–একটির মাত্রা কিছুটা বেশীও দেখা যায় তখনও তেল সাময়িকভাবে ব্যবহার করা যেতে পারে। যে সকল কারখানায় পরীক্ষাগার (Laboratory) নাই সেখানে মাঝে মাঝে তেল বিচার করার পথ হল, খানিকটা তেল বৃদ্ধাঙুলিতে বা হাতের তালুতে নিয়ে রুচলিয়ে দেখতে হবে ময়লা বা বালি জাতীয় কিছু আছে কিনা। দ্বিতীয়টি হল দুইটি আলাদা পরিষ্কার টেস্ট টিউবে বা কাচের পাত্রে মূল তেল এবং ব্যবহৃত তেল নিয়ে দেখতে হবে রংয়ের পার্থক্য কতটা। যদি পার্থক্য গভীর হয় বা ব্যবহৃত তেলের রং কালচে মনে হয় তাহলে তেলকে লেবরটরীতে পরীক্ষা করতে হবে। তৃতীয় পথ হল একটি বোতল বা বিকারে তেল নিয়ে একদিন স্থির অবস্থায় রেখে দেখতে হবে কতটা তলানি পড়ে। তলানি থেকে ওজন করেও দেখা যেতে পারে অর্থাৎ অনুমান করে দেখতে হবে ইহা ৩০০ mg/l'এর চেয়ে কম কিনা।

তেল খারাপ হয়ে গেলেই যে ফেলে দিতে হবে তা নয়। যদি খারাপ হওয়ার মাত্রা কম হয় তাহলে ইহাকে পরিশোধন করেও ব্যবহার করা চলে।

সহজ পদ্ধতি হল তেলকে একটি কৌনিক টেঙ্কে (Sedimentation tank) নিয়ে স্টীম লাইন অথবা বিদ্যুৎ কয়েলের মাধ্যমে ৭০–৯০° সেঃ পর্যন্ত গরম করে এ অবস্থায় ২/৩ দিন রেখে দিতে হবে। পরে নীচ থেকে পানি এবং ময়লার যে তলানি পড়বে তাকে ড্রেইন করে ফেলে দিতে হবে। বাকী তেলকে পাম্পের সাহায্যে ফিলটারের মধ্য দিয়ে ব্যবহারকারী ট্যাঙ্কে ফেরত নিতে হবে। তেলকে বেশী পরিশোধনের প্রয়োজন হলে তেলকে সেন্ট্রিফিউজ (Centrifuge or oil purifier) নামক যন্ত্র দিয়ে শোধন করতে হয়। যদি নিজেদের তৈল শোধনের ব্যবস্থা না থাকে তবে অন্যত্র হতে তেল শোধন করিয়ে নেয়া যায়।

বলা হয়ে থাকে যে দুইটি ভিন্ন গ্রেডের তেলের মিশ্রন দোষণীয়। আমার মতে সর্বক্ষেত্রে ইহা দোষণীয় নয়। কাছাকাছি ভিসকসিটি এবং নিকটতম মানের দুটি তেলকে প্রয়োজনের খাতিরে মিশান যেতে পারে। বিশেষ করে কম গতি ও লোডের মেসিনে যদি দেখা যায় যে তেলের মাত্রা কমে গেছে এবং ঐ তেল স্টকে নাই তবে অনুরুপ অন্য গ্রেডের তেল মিশিয়ে জরুরী অবস্থা অতিক্রম করা যেতে পারে। তবে লক্ষ্য রাখতে হবে যে বিয়ারিং তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাচ্ছে কিনা বা তেলে ফোমিং হচ্ছে কিনা।

বাজারে অসংখ্য ব্রান্ডের তেল পাওয়া যায়। আবার একই ব্রান্ডের তেলও হরেক রকমের হয়ে থাকে। ক্ষেত্র বিশেষে পার্থক্যের প্রয়োজন অনুসারে এদের গ্রেডিং এবং নামকরন আলাদা দেওয়া হয়। একেক তেল কোম্পনী তাদের ভিন্ন নামকরন ও সংখ্যা নম্বর দিয়ে তেলের গ্রেডিং প্রকাশ করে থাকে। সুতরাং যে কোন এক কোম্পানীর তেল বদল করে অন্য কোম্পানীর সমমানের তেল ব্যবহার করা যেতে পারে।

তেলের প্রয়োগ ক্ষেত্রের অবস্থা ও পরিবেশ বিচার করে যদিও তেলের অনেক গ্রেডিং করা হয়েছে, আমার মতে সাধারন কাজে এতটা ভিন্নতা অনুসরণ না করলেও চলে। কোন মেসিনে কি তেল ব্যবহার উপযোগী তাহা ম্যানুয়ালে বা মেশিনের নাম ফলকে দেয়া থাকে। একেক মেসিনে একেক তেল ব্যবহার করতে গিয়ে দেখা যাবে যে একটি কারখানায় তেলের জন্য আলাদা ষ্টোর রাখতে হচ্ছে। ইচ্ছা করলে এর সংখ্যা কমিয়ে একই কোম্পানীর কিছু সংখ্যক তেল রাখলেই চলে। এই বিষয়ে তেল সরবরাহ কোম্পানীর কর্তার সাথে আলোচনা করে বিভিন্ন

মেসিনের পরিস্থিতি ও কার্য্য পরিবেশ বিবেচনা করে এই ভিন্নতার সংখ্যা কমিয়ে আনা সম্ভব।

কি ধরনের মেসিনে কি রকম তেল বা লুব্রিকেন্ট ব্যবহার করা উচিত এবং তেলের মান কি রকম হওয়া উচিত, এতদসংগে তাদের ব্রান্ড নামকরণ, তার ব্যবহার ও পরিবর্তন সময় ব্যবধান কত হতে পারে সে সম্পর্কে পরিশিষ্টাংশে একটি তালিকা দেয়া হল। এই তালিকা হতে লুব্রিকেন্টের ব্রান্ড, তার প্রধান গুণাগুন ও সমমানের ব্যবহারযোগ্যতা সম্পর্কে একটা ধারণা অর্জন করা যাবে।

নবম অধ্যায়

কম্পনঃ
(VIBRATION)

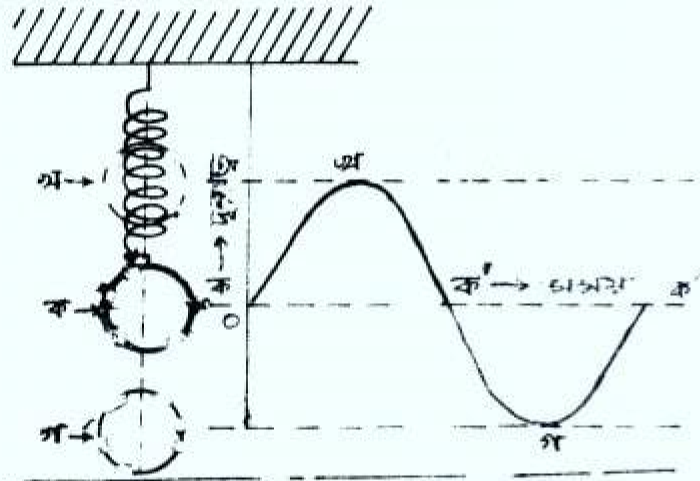
ইন্ডাষ্ট্রির যন্ত্রপাতি ভাল ভাবে দীর্ঘদিন না চলার পিছনে কম্পন একটা গুরুত্বপূর্ন কারণ। সব যন্ত্রই চলার সময় কাঁপে। কোনটা বেশী কোনটা কম। একটি যন্ত্র কখনই কাঁপবে না যদি উহা সম্পূর্ন নিখুঁত (Perfect machine) হয় যা বাস্তবে তৈরী সম্ভব নয়। তবে বাস্তব ক্ষেত্রে একটি যন্ত্রে কম্পন যতটা কমিয়ে আনা যায় যন্ত্রটির মান তত ভাল বলা যেতে পারে। সব ধরনের মেসিনের জন্যই কম্পনের একটা গ্রহনযোগ্য মাত্রা আছে। এই মাত্রার হের ফের হলে আমরা বলতে পারি যে যন্ত্রটিতে ত্রুটি দেখা দিয়েছে। যদি মাত্রা ছাড়িয়ে যায় তখন আর যন্ত্রটি চালান সম্ভব হয় না। অধিক কম্পনসহ যন্ত্রকে চলতে দেয়া হলে তা সম্পূর্ন বা তার যন্ত্রাংশ শীঘ্র নষ্ট হয়ে আচল হয়ে যাবে। সুতরাং কি ত্রুটির কারণে কম্পন হচ্ছে তা নিরূপন করা ও ত্রুটি সারান অত্যাবশ্যকীয়। একটি ঘূর্ণায়মান (revolving) যন্ত্রের কম্পনের কারণ বের করা কোন কোন সময় অত্যন্ত জটিল হয়ে পড়ে। তবে ধাপে ধাপে বিচার বিশ্লেষণ করে তা নির্ণয় করা সম্ভব। এই ধরনের বিশ্লেষণকে ভাইব্রেসন এনালাইসিস (Vibration analysis) বলা হয়। এর জন্য বিশেষ ধরনের যন্ত্র বা এনালাইজার ব্যবহার করা প্রয়োজন হয়। কম্পনের কারণ জানা গেলে সেই অনুসারে মেসিনকে ত্রুটিমুক্ত করা সহজ হয়।

শুধু ঘূর্ণায়মান বা চলমান যন্ত্রেরই যে কম্পন হবে তেমন নয়। কোন কারখানার পাইপ লাইন, বাল্ব, প্রেসার টেঙ্ক, হিটার বা বয়েলার, কোলার ইত্যাদির মাঝেও কম্পন দেখা দিতে পারে। এই ধরনের স্থবির (fixed) যন্ত্রের কম্পনের কারন নির্নয় ও ত্রুটি সারান সহজ। হয়ত কোথাও বোল্ট লূজ হয়ে গেছে বা প্রবাহের পরিমাণ বেড়ে গেছে অথবা ভিত্তি (foundation) ঠিক নাই অথবা কোন অংশ আলগা হয়ে গেছে, ভেঙ্গে গেছে যা একটু তলিয়ে দেখলেই বুঝা যায়। এইসব স্থবির যন্ত্রে কম্পনের মাত্রা কিছু বেশী হলেও ততটা দ্রুত ক্ষতিকর হয় না। তাছাড়া ইহা নিয়ন্ত্রন ও ত্রুটিমুক্ত করা সহজসাধ্য। সেজন্য আমরা এই অধ্যায়ে চলমান যন্ত্র বিশেষ করে ঘূর্ণায়মান যন্ত্র সম্পর্কেই বেশী

আলোচনা করব। সত্যিকার ভাবে ঘূর্ণায়মান যন্ত্রের কম্পন নির্ণয় বা সঠিককরন সমস্যায় পরিনত হয়। কম্পন কাহাকে বলে? একটি যন্ত্র বা যন্ত্রাংশ তার স্থির অবস্থা থেকে সামনে–পিছনে, উপরে–নীচে সরে গিয়ে (back & forth) যে গতির সৃষ্টি করে তাকে কম্পন (Vibration) বলে। এই কম্পন অপ্রয়োজনীয় কিন্তু কোন যন্ত্র চলতে গেলে এর উপস্থিতি অনিবার্য্য। কোন চলমান যন্ত্রের গায়ে হাত দিলে বুঝা যায় যে যন্ত্রটি মৃদুভাবে উঠা–নামা করছে বা সামনে পিছনে নড়ছে, যদিও এর ভিতরের সাফ্‌ট বা গিয়ার একই দিকে দন্ডের অক্ষের উপর ঘুরছে। ইহাই কম্পন।

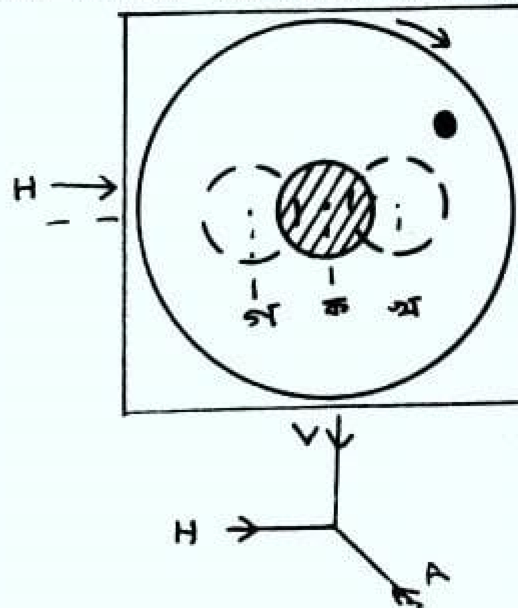
এই কম্পনের প্রকৃতি বা স্বরূপ কি এটা বুঝা দরকার। সহজ উদাহরণ হিসাবে ধরা যাক যে মনে করি নিম্নের প্রথম চিত্রের ন্যায় একটি বল একটি স্প্রিং দিয়ে ঝুলিয়ে দেয়া হল। এখন একে নীচের দিকে টেনে বা আঘাত দিয়ে ছেড়ে দিলে ইহা উপরে নীচে দুলতে থাকবে। ইহাই বলটির কম্পন। বলটি স্থির অবস্থা থেকে অর্থাৎ ক অবস্থা থেকে খ এবং ফিরে আবার ক হয়ে গ তে যাবে ও পুনরায় ক অবস্থায় ফিরে আসবে, ইহা একটি পরিক্রমা এবং এই ভাবে দুলতে থাকবে। এই চলার পথে এর গতির (speed) পরিবর্তন আছে।

অর্থাৎ ক'তে এর গতি সবচেয়ে বেশী এবং খ'তে যাওয়ার সময় গতিবেগ কমতে থাকে এবং খ'তে গিয়ে আর উর্ধগতি থাকে না বলে ফিরে আসে, এবং ফিরার পথে আস্তে আস্তে গতি বাড়তে থাকে, ক স্থান পার হয়ে গেলে গতি আবার কমতে থাকে ও গ'তে গিয়ে শেষ হয়। ফলে পুনরায় ক'র দিকে ফিরে। এই ক থেকে ক'তে ফিরে আসতে মনে করি বল বা ওজনটির কয়েক সেকেন্ড সময় লাগে। এখন আমরা যদি এই পরিক্রমাকে গ্রাফে প্রকাশ করি তাহলে সেটা নিম্নের দ্বিতীয় চিত্রের ন্যায় হবে।



চিত্র নং ৫৩, একটি বল ও স্প্রিং'এর কম্পন প্রকৃতি।

অথার্ৎ অঙ্কের সাইন কার্ভ (Sine curve) এর অনুরূপ; যেহেতু সময় ও দূরত্বের সাথে গতিবেগের পরিবর্তন হচ্ছে। এখানে বলটির কম্পনের গতিবেগ প্রকৃতি যে কোন বস্তুর কম্পনের উঠা নামা বা গতিবেগের প্রকৃতির অনুরূপ। ধরা যাক একটি সাফ্‌টের গায়ে একটি ঘূর্ণায়মান চাকতি আছে। ইহা একটি কেইজে আবদ্ধ আছে। চাকতিটির এক স্থানের ওজন বেশী বা ঐ স্থানে আলাদা ক্ষুদ্র একটি ওজন আছে যার জন্য ঘুরার সময় চাকতি এবং সাফ্‌টে বেশী কম্পন অনুভূত হয়। এই কম্পন সমপরিমাণে এর কবার বা বডিতেও প্রভাবিত হবে। ঐ অসামঞ্জস্য ওজনের জন্য ইহার পরিক্রমন পথে সব দিকেই কম্পন সৃষ্টি করবে। অর্থাৎ

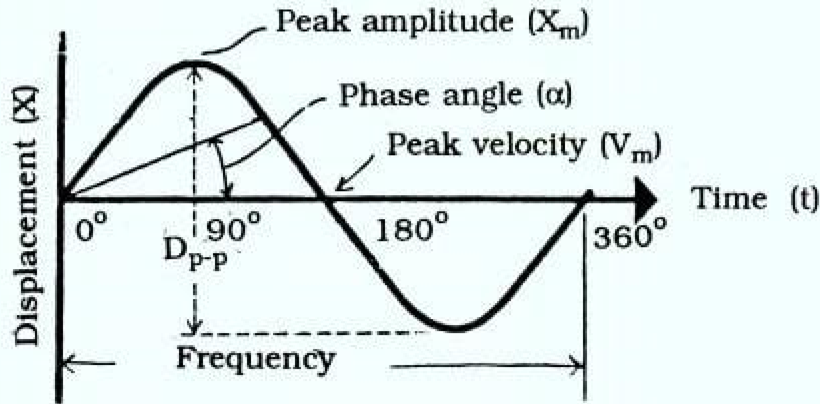


চিত্র নং–৫৪, একটি ঘূর্ণায়মান অসামঞ্জস্য চাকতির কম্পন প্রকৃতি।

সাফ্‌টের কেন্দ্রবিন্দু সামনে পিছনে, উপরে নীচে, ডানে বায়ে বার বার স্থানান্তরিত হবে। যন্ত্রটির বডির উপর যেখানেই কম্পন মাপার মিটার রাখা হউক, কম বেশী কম্পনের পরিমাণ দেখা যাবে। যদি সমতল বরাবর (Horizontal axis) যন্ত্রটির কম্পন মাপি এবং তার অনুসরনে এর প্রকৃতি নিরুপন করতে চাই তাহলে দেখব যে কেন্দ্রবিন্দুটি কম্পনের ফলে ক হতে খ এবং ফিরে ক'তে আসবে এবং গ'তে গিয়ে পুনরায় ক'তে আসবে। প্রতি পরিক্রমনে এই চলার সরূপ সাইন কার্ভের অনুরূপ এবং ভ্রমনের কৌনিক পথ ৩৬০°। কম্পনের মোট বিস্তার খ – গ। কম্পনের গতিবেগ সাধারনত ঘূর্ণন গতিবেগের উপর ,নির্ভরশীল। কম্পনের ফ্রিকুয়েন্সী বেশীরভাগ ক্ষেত্রে সাফ্‌টের ঘূর্ণন ফ্রিকুয়েন্সীর সমান হয়ে থাকে, কারণ ঘূর্ণায়মান ভরের বৈষম্যই কম্পনের মূল উৎপত্তিস্থল। কোন কোন ক্ষেত্রে এই ফ্রিকুয়েন্সী সাফ্‌ট ফ্রিকুয়েন্সীর অর্ধেক, দ্বিগুণ, ত্রিগুণ বা তার বেশী হতে

পারে। কম্পনের ফ্রিকুয়েন্সী (Frequency) কম্পন উৎপত্তির কারণ শক্তির উপর নির্ভরশীল। আবার কয়েকটি যুক্ত শক্তির কারণেও একটি যুক্ত ফ্রিকুয়েন্সী হতে পারে। সেজন্য ফ্রিকুয়েন্সীকে বিশ্লেষণ বা বিভক্তিকরণ করে (Frequency spectrum) মূল ফ্রিকুয়েন্সী বা তার কারণকে সনাক্ত করা যায়।

আমরা স্প্রিং ও বলের মত যদি এই কম্পনের প্রকৃতিকে গ্রাফে দেখাই তাহলে নিম্নরূপ হবে। এর প্রকৃতি সিম্পল হারমোনিক মোসনের (Simple harmonic motion) মত বিধায় একে সাইনোসডিয়াল কার্ভ বা সংক্ষেপে সাইন কার্ভ বলে।



চিত্র নং –৫৫, অসামঞ্জস্য চাকতির কম্পনজনিত সাইন কার্ভের নমুনা।

এখন অংকের ভাষায় আমরা এই কার্ভের প্রকৃতি বুঝার চেষ্টা করব। মনে করি–

X = বিস্তার যে কোন সময় 't' তে (Amplitude or distance at any time t)।

X_m = সর্বোচ্চ একক বিস্তার (Maximum single amplitude)।

T = কম্পনের একবার পরিভ্রমণের সময় অর্থাৎ এক সাইকেল ঘুরার সময় (Period of vibration or Total period for one cycle)।

f = কম্পন ফ্রিকুয়েন্সী বা পর্যাবৃত্তি অর্থাৎ প্রতি সেকেণ্ডে ঘুর্ণনের সংখ্যা (Frequency of vibration in cycles per second), সুতরাং $f = \frac{1}{T}$

ω = কৌণিক ফ্রিকুয়েন্সী (Angular frequency), অতএব $\omega = 2\pi f$

α = কৌণিক অবস্থান (Phase angle), $\alpha = \omega t$

সাইন কার্ভের সমীকরণ অনুসারে আমরা লিখতে পারি –

$X = X_m \sin \omega t$

কম্পনের গতিবেগ হবে, $V = \frac{dx}{dt} = \frac{d}{dt}(X_m \sin \omega t) = X_m \omega \cos \omega t$

কম্পনের গতিবেগ 0°, 180° এবং 360° তে সর্বোচ্চ হবে।

অতএব $V_m = X_m \omega$ (যেহেতু $\cos 0^\circ = \cos 180^\circ = \cos 360^\circ = 1$)

সর্বোচ্চ গতিবেগ থেকে সূত্রের সাহায্যে কম্পনের গড় গতিবেগ বের করা যায়, যা গতিবেগের সাধারণ মাত্রা বুঝার জন্য সহজ হয়। গড় গতিবেগ বা Root mean square velocity, $V_{rms} = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$

সুতরাং $V_{rms} = \frac{X_m \omega}{\sqrt{2}} = \frac{X_m 2\pi f}{\sqrt{2}} = 4.44\, X_m f$

অতএব $X_m = \frac{V_{rms}}{4.44 f} = \frac{V_{rms} x 60}{4.44 x n} = 13.5 \frac{V_{rms}}{n}$

(যেহেতু r.p.m. = n = fx60)

X_m কম্পন ফ্রিকুয়েন্সীর সর্বোচ্চ বিস্তার (Peak distance) বিধায় ইহা Peak amplitude of Vibration অর্থাৎ সংক্ষেপে D_{peak} হিসাবে পরিচিত। আমরা কম্পন যন্ত্রের সাহায্যে D_{peak} এবং V_{rms} মেপে থাকি। V_{rms} কে কম্পন গতির গভীরতাও বলে। একটি ফ্রিকুয়েন্সী সাইকেলে দু'টি Peak থাকে, যার দূরত্বকে Double amplitude বা Peak to Peak distance বলে। অতএব $D_{peak\ to\ peak} = D_{p\text{-}p} = 2 x 13.5 \frac{V_{rms}}{n} = 27 \frac{V_{rms}}{n}$

কম্পনের ত্বরণ বা Acceleration $= \frac{dv}{dt} = \frac{d^2x}{dt}$

অর্থাৎ সর্বোচ্চ ত্বরণ $A_m = \frac{d}{dt}(V_m) = \frac{d}{dt}(X_m \omega) = X_m \omega^2$

এই সর্বোচ্চ ত্বরণকে gravity unit বা g এর এককে প্রকাশ করা হয় যা Spike Energy হিসাবে পরিচিত।

উপরের সমীকরণগুলো দ্বারা আমরা কম্পনের মাত্রা এবং স্বরূপ নির্ণয় করতে পারি। একটির মান জানা থাকলে অন্যটি বের করতে পারি। কম্পনের ক্ষেত্রে আমরা প্রধানত দু'টি বিষয়ে জানতে চেষ্টা করব।

(১) কম্পনের বিস্তার (Vibration amplitude)

(২) কম্পনের গতির গভীরতা (Vibration intensity)

এই দু'টি পরিমাণ থেকে আমরা যন্ত্রটির ত্রুটির মাত্রা পরিমাপ করতে পারি। কম্পনের ফ্রিকুয়েন্সী জানা থাকলে কম্পনের বিস্তার বা কম্পনের গভীরতা এর যে কোন একটি থেকে যন্ত্রের কম্পন অবস্থা বুঝা যায়। সাধারণভাবে কম্পনের বিস্তারই মেপে দেখা হয়।

যে যন্ত্রের সাহায্যে কম্পন মাপা হয় তাকে বাইব্রোমিটার (Vibrometer) বলে। এর মূল দুটি অংশ থাকে। একটি হল পিক-আপ (pick up), অন্যটি মিটার। পিক-আপের সূচাল মাথা যন্ত্রের গায়ে সোজা লম্বালম্বিভাবে ধরলে বা মেগনেটিক পিক-আপের তল যন্ত্রের উপর আটকে রাখলে মিটারে কম্পনের পরিমাপ পাওয়া যায়। অভিজ্ঞ ব্যক্তি যন্ত্রের গায়ে বা বিয়ারিং হাউজিং এর উপরে হাত রেখে অনুভব করতে পারেন ব্রাইব্রেসন বেড়েছে কিনা। আগের দিনে যখন সঠিক ব্রাইব্রোমিটার ছিলনা তখন তামার পয়সা বা কোন কয়েন (coin) যন্ত্রের উপর রেখে কম্পন মাত্রা অনুমান করা হত। কম্পন মাপার যন্ত্র যদি না থাকে তবে আরেক উপায়ে কম্পনের মাত্রা অনুমান করা যায় অথবা একই যন্ত্রের বিভিন্ন অংশে কম্পনের পার্থক্য আছে কিনা বুঝা যায়। সেটা হল একটি গ্লাসে পানি নিয়ে যন্ত্রের সমতল অংশ বা বিয়ারিং পেডেস্টালের উপর রাখলে কম্পনের ফলে পানির উপর সম্প্রসারিত কম্পন ঢেউ সৃষ্টি হয়, যা থেকে কম্পন মাত্রা আচ করা যায়। তবে স্বাভাবিক অবস্থায় এই পরীক্ষা করে দেখলে পরবর্তী সময়ে এর পার্থক্য বুঝা যায়। এই সব পদ্ধতি আজকাল অচল। অন্তত সাধারণ ভাইব্রোমিটার দিয়ে হলেও যন্ত্রের কম্পন মাঝে মাঝে মাপা উচিৎ। সাধারণ বাইব্রোমিটারে কম্পনের বিস্তার ও গড় গতির গভীরতা পরিমাপ করা যায়। বিশেষ বাইব্রোমিটার বা বাইব্রেসন এনালাইজারের (Vibration analyser) সাহায্যে কম্পনের বিস্তার বা গতি মাপা ছাড়াও কম্পনের ফ্রিকুয়েন্সী, ফেইজ এঙ্গেল ও অন্যান্য খুটিনাটি বিষয় পরিমাপ ও বিশ্লেষণ করা যায়। সচরাচর ব্রাইব্রোমিটার দিয়ে কম্পনের বিস্তার বা গড় গতি মাপা হয়ে থাকে। কম্পন বিস্তার বা এমপ্লিচুড (Amplitude) অত্যন্ত সূক্ষ্ম বিধায় ইহা মাইক্রনস বা মিলসে পরিমাপ করা হয়। এক মাইক্রনস বা মাইক্রোমিটার (μm) এক মিলিমিটারের সহস্রাংশ। এক মিলস এক ইঞ্চির সহস্রাংশ। গতির পরিমাপ প্রকাশ করা হয় মিলিমিটার/সেকেণ্ড (mm/sec) অথবা ইঞ্চি/সেকেণ্ড (inch/sec) হিসাবে।

একটি যন্ত্র বা যন্ত্রাংশের কম্পন মাপার সময় ঐ স্থানে তিন দিকের রিডিং নিতে হয়। সমতল বরাবর মাপ নিলে বলা হয় হরাইজন্টাল রিডিং (Horizontal reading), খাড়া বা লম্বা লম্বি হলে ভারটিকাল রিডিং (Vertical reading) এবং সাফ্‌টের অক্ষ বরাবর মাপ নিলে তাকে বলে একসিয়াল রিডিং (Axial reading)। এই তিন দিকের যে কোন এক দিকে কম্পনের মাত্রা বেশী হলেই খারাপ। যেই রিডিংটা বেশী হবে ঐ যন্ত্রের জন্য সর্বোচ্চ কম্পন সেটাকেই ধরা হবে। তবে অনেকে ভারটিকাল রিডিংটার গুরুত্ব দিয়ে থাকে। সব দিকে যে কম্পন সমান হবে তেমন নয়। তবে যে কোন এক দিকের কম্পন বাড়লে অন্য দিকগুলিতেও সাধারনত বেড়ে থাকে।

ইন্ডাস্ট্রির চলমান যন্ত্রপাতি প্রতিমাসে বা তিন মাসে একবার কম্পন মেপে দেখা উচিৎ এবং তা কম্পন মাত্রার ভিতরে আছে কিনা পরীক্ষা করে দেখতে হবে। কম্পনের মাত্রাকে আবার কয়েক ভাগে ভাগ করা যেতে পারে। যেমন ভাল (good or Excellent), ব্যাবহার যোগ্য (usable or acceptable) খারাপ (Bad or correctable) এবং এর পরের মাত্রা হলে অগ্রহনযোগ্য (unusable or Unacceptable or very bad)। যে কোন সময় যন্ত্রে বেশী কম্পন অনুভূত হলে সাথে সাথে মেপে দেখা উচিৎ এবং মাত্রানুসারে ব্যবস্থা গ্রহন করা দরকার। একেক ধরনের মেসিনের কম্পন মাত্রা একেক রকম। মেসিনের টাইপ, সাইজ ও ঘুর্নন গতি অনুসারে কম্পন মাত্রার পার্থক্য করা হয়ে থাকে। কম্পন কত হলে আমরা একে ভাল বা ব্যবহারযোগ্য অথবা অব্যবহার যোগ্য বলব তা অসংখ্য মেসিনের উপর পরীক্ষা নিরীক্ষা চালিয়ে বিভিন্ন সংস্থা (VDI/ISO) একটি আদর্শ পরিসীমা নির্ধারণ করেছে। ইহা নির্ধারণ করতে গিয়ে তাহারা সকল যন্ত্রপাতিকে ৬টি ভাগ ভাগে করেছে।

১। ছোট মেসিন পত্র, যেমন ২০HP পর্যন্ত ইলেকট্রিক মটর।

২। মাঝারি–ধরনের মেসিন, ২০ থেকে ১০০ HP মটর বা অন্যান্য যন্ত্র।

৩। বড় মটরস বা ঘূর্ণায়মান মেসিন যার ভিত্তির চর্তুদিক অত্যন্ত দৃঢ়; যেমন বড় সাইজের পাম্প, ব্লোয়ার ইত্যাদি।

৪। বড় ধরনের মেসিন কিন্তু তাপমাত্রার পার্থক্য ও অন্যান্য কারণে সর্বদিকে এর ভিত্তি সমান দৃঢ় নয় যেমন টারবাইন, বড় কম্প্রেসর ইত্যাদি।

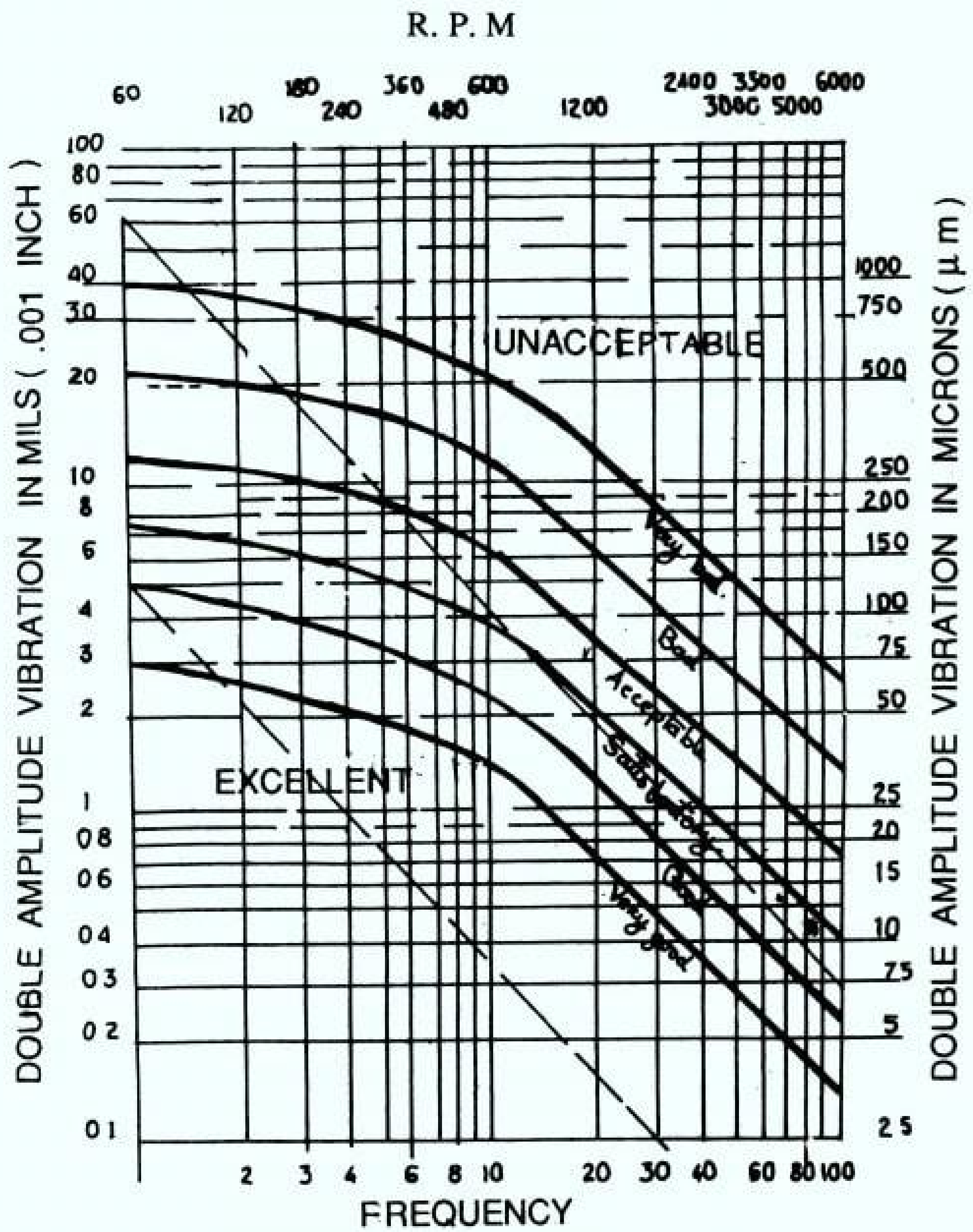
৫। ছোট সাইজের রেসিপ্রোকেটিং (Reciprocating) মেসিন পত্র।

৬। মাঝারি হতে বড় ধরনের রেসিপ্রোকেটিং মেসিন পত্র।

এই ছয় ধরনের মেসিন পত্রে r.p.m অনুসারে কম্পন বিস্তার বা কম্পন গড় গতি কত হলে মেসিনের অবস্থা কোন পর্যায়ে পড়ে তাহা নিম্ন ছকে দেখান হলঃ

ছক নং—২১, কম্পনের ব্যাপ্তি মাত্রা সমূহ।

উচ্চতম গড় গতির মাত্রা মিঃমিঃ/ সেকেণ্ড ১০০০–৩০০০ r.p.m হলে।	উচ্চতম বিস্তার মাত্রা মাইক্রনসে ১০০০ r.p.m হলে।	উচ্চতম বিস্তার মাত্রা মাইক্রনসে ৩০০০ r.p.m হলে।	প্রথম শ্রেণীর মেসিন	দ্বিতীয় শ্রেণীর মেসিন	তৃতীয় শ্রেণীর মেসিন	চতুর্থ শ্রেণীর মেসিন	পঞ্চম শ্রেণীর মেসিন	ষষ্ঠ শ্রেণীর মেসিন
Upper range Velocity in mm/sec Vrms at 1000–3000 RPM	Upper range peak amp at 1000 RPM	Upper range peak amp in micron at 3000 RPM	Type 1 in micron	Type 2	Type 3	Type 4	Type 5	Type 6
0.24	3.78	1.26						
0.45	6.09	2.03						
0.71	9.60	3.20		GOOD TO EXCELLENT				
1.12	15.20	5.05						
1.80	24.40	8.12						
2.80	37.80	12.60		USABLE				
4.50	60.90	20.30						
7.10	96.00	32.00		NEEDS				
11.20	152	50.50			IMPROVE-			
18	244	81.20				MENT		
26	378	126						
45	609	203		UNUSABLE				
71	1520	505						



চিত্র নং – ৫৬, কম্পনের সাধারণ মাত্রার রেখা চিত্র।

যে কোন ধরনের ঘূর্ণায়মান যন্ত্র (Rotating machine) তার r.p.m বা ফ্রিকুয়েন্সী (frequency) অনুসারে কম্পনের বিভিন্ন পর্যায়ে সাধারণ মাত্রা কত হওয়া উচিৎ তা রেখা চিত্র থেকে বুঝা যাবে।

কম্পন কেন হয় :–

কম্পন কি এবং এর ধরন কিরূপ, সে বিষয়ে আলোচিত হয়েছে। একটি যন্ত্রে কোন্ কোন্ ক্রটির কারণে কম্পন হয় সেটা জানা দরকার। কোন মেসিনে কম্পন বা বাইব্রেসন হচ্ছে বললে আমরা বুঝব যে সাধারণ মাত্রার বেশী বা অতিরিক্ত কম্পন হচ্ছে। একটি মেসিনে অসংখ্য কারণে কম্পন দেখা দিতে পারে। অনেক সময় প্রকৃত কারণ বের করা খুবই দূরূহ হয়ে পড়ে। পরীক্ষা নিরীক্ষার মাধ্যমে সেটার কারণ বের করা সম্ভব হয়। একবার পরীক্ষার মাধ্যমে কারণ পাওয়া গেছে এমন উদাহরণ খুব কম। বেশীরভাগ ক্ষেত্রে যে সব কারণে কম্পন দেখা দেয় সেগুলি হলঃ

১। ঘূর্ণায়মান যন্ত্রাংশের অসামঞ্জস্য ভর (Unbalance of rotating parts)

২। কাপলিং'এর এলাইনমেন্টে ক্রটি (Mis-alignment of Coupling)

৩। গিয়ারের দাতের আঘাত, বিকেন্দ্রেকি ইত্যাদি

(Tooth impact, eccetricity etc.)

৪। সাফ্‌ট বাকা হয়ে গেলে (Bending of shaft)

৫। বেল্ট বা চেইন থেকে উদ্ভুত ক্রটির ফলে (Bad drive belts & chain)

৬। বিয়ারিং খারাপ হয়ে গেলে,–বিশেষ করে খারাপ এন্টিফ্রিকসন বিয়ারিং এর ফলে (Bad bearings, particularly antifriction bearing)

৭। টরক ভাইব্রেসন। (Torque Vibration)

৮। ইলেকট্রো–মেগনেটিক শক্তিসমূহ (Electro magnetic forces)

৯। এরোডাইনামিকস শক্তিসমূহ (Aerodynamic forces)

১০। হাইড্রোলিক শক্তি সমূহ (Hydraulic forces)

১১। যন্ত্রাংশের মধ্যে বেশী ক্লিয়ারেন্স থাকা, লুজ থাকা, ঘর্ষন হওয়া ইত্যাদী

(More clearances, Looseness, rubbing, resonances etc.)

১২। খারাপ ভিত্তি (Bad machine foundation)

একটি মেসিনের বিভিন্ন স্থানে কম্পন মেপে দেখতে হয় এবং একই অংশে তিন দিকে (অর্থাৎ Vertical, Horizontal and Axial) কম্পনের মাপ নিতে হয়। পূর্ববর্তী পরিমাপের সাথে মিলিয়ে দেখতে হয়। মেসিনে বিশেষ কোন ত্রুটি না থাকলে শুধু বিয়ারিং সমূহের উপর বা হাউজিং'এর নিকটতম সুবিধাজনক স্থানে কম্পন মাপা হয়ে থাকে। কেননা সাফটের কম্পন বিয়ারিং'এর মাধ্যমে মেসিনের বডিতে সম্প্রসারিত (transmitted) হয়। কম্পনের বিস্তার থেকে কম্পন কতটা বেশী বুঝা যায়। আবার কম্পনের ত্বরণ (Vibration frequency) থেকে এর প্রকৃতি এবং সম্ভাব্য কারণ বুঝা যায়। কম্পনের গতিকে যন্ত্রের গতির সাথে তুলনা করে কারণ নিরূপন করা সহজ হয়। ধরা যাক একটি যন্ত্রের RPM-3000 অর্থাৎ Frequency $=\frac{3000}{6o}=50CPMS$ যদি কম্পনের ফ্রিকুয়েন্সীও (50 CPS) হয়, বুঝতে হবে যে কোন প্রকার সামনঞ্জস্য ভরের কারণে কম্পন ঘটছে। যদি এমন হয় যে একটি ঘুর্নয়মান গিয়ারের দুইটি দাত খারাপ হয়ে গেছে তখন কম্পনের CPS হবে ঐ গিয়ারে ঘুর্নয়নের ফ্রিকুয়েন্সীর দ্বিগুন। বিয়ারিং বল খারাপ হলে ব্রাইব্রেসন ফ্রিকুয়েন্সী কয়েকগুন বেশী হবে। এইভাবে কম্পনের কৌনিক গতি বা ফ্রিকুয়েন্সী যন্ত্রের বিভিন্ন অংশের কৌনিক গতির সাথে তুলনা করে কোথায় কোন ধরণের কম্পন হচ্ছে আচ করা যায়। যন্ত্রের ঘূর্ণয়ন ফ্রিকুয়েন্সী এবং কম্পনের ফ্রিকুয়েন্সী যে এক কথা নয় তাহা অবশ্যই স্বীকার্য্য।

ভাইব্রেসন এনালাইজার (Vibration analyzer) দ্বারা যন্ত্রের বাইব্রেসনের গতি, প্রকৃতি এবং কারণ বের করা এবং তা দূর করার হিসাব বের করা সহজ। এই যন্ত্র দ্বারা কম্পনের বিস্তার, ফ্রিকুয়েন্সী এবং কোণ্ কৌনিক অবস্থানে মাত্রা বেশী অর্থাৎ phase angle জানা সম্ভব। শুধুমাত্র অভিজ্ঞ ব্যক্তি দ্বারা ইহার ব্যবহার এবং বিশ্লেষণ সম্ভব। সাধারন বাইব্রোমিটার দ্বারা কম্পনের বিস্তার ও গড় গতি (Vrms) মাপা যায়। কম্পনের ফ্রিকুয়েন্সী বের করে মেসিনের ফ্রিকুয়েন্সীর সাথে তুলনা করে ত্রুটি অনুমান করা যায়। কম্পনের কারণ নিরুপনের একটি চার্ট দেয়া হল। সর্বক্ষেত্রে ইহা প্রযোজ্য হবে এমন নয়। তবে প্রাথমিক ভাবে এই বিশ্লেষণ কাজে লাগবে।

একটি যন্ত্রে অতিরিক্ত কম্পন দেখা দিলে কি কি করনীয় তাহা বিশ্লেষন করা যাক। প্রথমে কম্পন যন্ত্রের সাহায্যে কম্পনের মাত্রা এবং প্রকৃতি নিরুপন করতে হবে। ২২নং দেয়া চার্ট থেকে এবং অভিজ্ঞতা থেকে অনুমান করতে হবে কম্পন কেন হচেচ্ছ। যদি কোন সিদ্ধান্তে পৌছা যায় তবে যন্ত্রের সেই অংশটুকু খুলে পরীক্ষা করে দেখতে হবে। যদি অনুমান করা দুঃসাধ্য হয় তবে দেখতে হবে কোথাও কোন ঘর্ষনের শব্দ বা অস্বাভাবিক শব্দ হচ্ছে কিনা বা কোন অংশে তাপ বাড়ছে কিনা বা কম্পনের মাত্রা কোন অংশে বিশেষ মাত্রায় বেশী কিনা; ইত্যাদি বিশ্লেষন থেকে ত্রুটি খুজে বের করতে হবে। যদি সাধারণভবে ত্রুটি ধরা না পড়ে তবে পর্য্যায়ক্রমে একেকটি অংশ পরীক্ষা নিরীক্ষা করে দেখতে হবে।

১। প্রথমে যন্ত্রের বিয়ারিং হাউজিং বোল্টগুলি টাইট আছে কিনা দেখতে হবে।

২। ফাউন্ডেসন বোল্টগুলি সঠিক পরিমাণে টাইট আছে কিনা দেখতে হবে।

৩। বিয়ারিং এলাইনমেন্ট ঠিক আছে কিনা পরীক্ষা করে দেখতে হবে।

৪। মেসিনের সাথে সংযুক্ত পাইপলাইন, ভাল্ব বা অন্যান্য কোন অংশে কোন ত্রুটি বা লুজ আছে কিনা দেখতে হবে।

৫। বিয়ারিং'এ লুব্রিকেটিং তৈল যাচ্ছে কিনা বা তার তাপ ও চাপ সঠিক মাত্রায় আছে কিনা পরীক্ষা করতে হবে।

ছক নং—২২, কম্পন নিরূপন চার্ট। (Vibration Ideutification chart)

বিস্তার প্রকৃতি (Amplitude)	ফ্রিকুয়েন্সী (Frequency in terms of R. P. M.)	সম্ভাব্য মূল কারণ (Most likely cause)	অন্যান্য কারণ (Other reasons)	ফেইজ (Phase)	মন্তব্য (Remarks)
রেডিয়াল বরাবর বেশী	1 x rpm অর্থাৎ কম্পন ফ্রিকুয়েন্সী যন্ত্রের ঘূর্নন ফ্রকুয়েন্সীর সমান	অসামঞ্জস্য শক্তি Unbalance	অসামঞ্জস্য ভর, এলাইনমেন্ট ত্রুটি, বেন্ট সাফট bent sheft বিকেন্দ্রিক জার্নাল Ecentric journals	একক অবস্থান single reference mark	এই কারনে অধিকাংশ ক্ষেত্রে কম্পন ঘটে থাকে। এর মাত্রা যত বেশী হবে, কম্পন বিস্তার তত বেশী হবে।
বিস্তার Axial direction এ বেশী	সাধারনত 1xrpm কখনো কখনো ২ বা ৩ গুন	misalignment in coupling or bearing	Defects in bearing fixing	একক, দ্বিগুন বা ত্রিগুন	যদি কোন কাপলিং না থাকে তবে ধরে নিতে হবে unbalance
বিস্তার সব দিকেই বা যে কোন দিকে বেশী	2 x rpm	mechanical loosentess নাট–বোল্ট বা অন্য কোন অংশ লুজ অথবা ক্লিয়ারেন্স বেড়ে গেছে।	ঘর্ষন (Rubbing), খারাপ বোল্ট	দ্বিমাত্রিক	সাধারনতঃ unbalance এবং misalignmen এর সাথে জড়িত।
বিস্তারের মাত্রা কম–বেশী উঠানামা	1 x rpm	Ecentric Journals	unbalance	Erratic	নষ্ট বিয়ারিং বরাবর বিস্তার বেশী। গিয়ার হলে তার কেন্দ্র বিন্দু বরাবর বেশী।
unsteady	many times Xrpm	এন্টিফ্রিকসন টাইপ বিয়ারিং খারাপ	গিয়ারের কয়েকটি দাত খারাপ	Erratic	নষ্ট বিয়ারিং বরাবর কম্পনের intensity বেশী হবে।
pulsating Or Erratic	1,2,3,4 x rpm	বেল্ট খারাপ Bad drive belt	এন্টিফ্রিকসন বিয়ারিং খারাপ	unsteady	strobe light এর সাহায্যে মেশিন চলা অবস্থায় দেখা যায় বা পরীক্ষা করা যায়।

বিস্তার প্রকৃতি (Amplitude)	গতি প্রকৃতি (Frequency in terms of R.P.M)	সম্ভাব্য মূল কারণ	অন্যান্য কারণ	ফেইজ (Phase)	মন্তব্য (Remarks)
Steady	Synchronos or 2x Synchronous	বৈদ্যুতিক ত্রুটি বা Electrical Torque pulses	মটর winding খারাপ, মটর রোটর বিকেন্দ্রিক, ইত্যাদি।	একক অথবা কয়েকগুণ	A.C. Power supply এর ফ্রিকুয়েন্সী অনুসারে কম্পনের ফ্রিকুয়েন্সী হয়। Switch off করার সাথে সাথে কম্পন মাত্রা কমে যায়।
Verticl'এ কম্পন মাত্রা বেশী	$\frac{1}{2}$ x rpm	Lubricating oil whip or whirl.	ত্রুটিযুক্ত স্লীভ বিয়ারিং Defective sleeve bearing	একক	তৈল প্রবাহ পরিমাণ বা চাপ বাড়ালে কমালে কম্পন মাত্রার পরিবর্তন লক্ষ্য করা যায়
বিস্তার মাত্রা তত বেশী নয়		gear teeth xrpm	খারাপ গিয়ার বা দাঁত, ক্ষয়ে যাওয়া গিয়ার। Bad gears or wear out teeth	Erratic	রেডিয়াল দিকে বিস্তার সাধারণ মাত্রার চেয়ে কিছু বেশী এবং সাথে noise থাকে।
বিস্তার মাত্রা অনেক বেশী		1 xrpm no blades Xrpn	নেচারাল ফ্রিকুয়েন্সীর প্রভাব বা হাইড্রোলিক শক্তির প্রভাব। Influence of natural frequency	Erratic	যন্ত্রের ঘূর্ণন গতি কিছু কম বেশী করলে বিস্তার মাত্রা অনেক কমে যায়। Flow কম বেশী করলে বিস্তারের মাত্রা কমে বাড়ে।

বিস্তার মাত্রা বেশী তবে যন্ত্রের কোন বিশেষ অবস্থায় বিস্তার মাত্রা অনেক বেশী।	1,2,3 x rpm	সাফটে ফাটল দেখা দেয়া বা সাফট বেকে যাওয়া Bent shaft or crack in shaft	একক বা দ্বিমাত্রিক	সময়ের সাথে বিস্তারের মাত্রা বাড়তে থাকে। তাপমাত্রা কম বেশী করলে কম্পনে মাত্রা কমে বাড়ে। Frequency spectrum এর সাথে বিশ্লেষণ সম্ভব হয়।
বিস্তার মাত্রা এক্সিয়ালের চেয়ে রেডিয়ালে বেশী.	$\frac{1}{2}$ or 1 x rpm	বিয়ারিং যথেষ্ট টাইট নয় বা বিয়ারিং সাপোর্ট অথবা ফাউন্ডেসন ব্লকে সঠিক টাইট করা নাই।	একক বা দ্বিমাত্রিক	বিশেষ বিয়ারিং এ কম্পন মাত্রা বেশী হবে। ব্লক বা ফাউন্ডেসন গোড়ায়ও কম্পন মাত্রা প্রায় সমান থাকে
কম্পনের মাত্রা যে কোন দিকে বেশী এবং unsteady	ফ্রিকুয়েন্সী অনেক বেশী	বল বিয়ারিং'এর বল খারাপ।	Erratic	কম্পনের সাথে noise এবং shock থাকে। spike energy বেশী হয়।
রেডিয়ালে কম্পন মাত্রা বেশী	$\frac{1}{4}, \frac{1}{2},$ x R.P.M. বা 1, 2 x R.P.M.	রোটার ঘর্ষণ খেলে এমন হয় Rotor Rubing	প্রথমে একক পরে পরিবর্তিত হতে পারে	ঘর্ষণের মাত্রা কম হলে ফ্রিকুয়েন্সী কম থাকে নতুবা এক বা তার বেশী হতে পারে।
বিস্তার মাত্রার উঠা নামা বা Erratic	উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সী High frequency.	কেভিটেসন বা প্রবাহ উৎপীড়নের কারণে হতে পারে। Cavitation Tubulance,	Erratic	প্রবাহ বাড়ালে কমালে কম্পনের মাত্রা কমে বাড়ে। Frequency analysis এর মাধ্যমে কারণ বের করা যায়।

যদি এই সব কিছুই ক্রটিমুক্ত পাওয়া যায় বা এইগুলির মধ্যে কিছু ক্রটি নিরুপন ও সঠিককরনের পরও সমান পর্যায়ের কম্পন মেসিনে অনুভুত হয় তা হলে বুঝতে হবে নিম্নলিখিত তিনটির যে কোন একটি কারণ হতে পারেঃ

১। Unbalance– ভর অসামঞ্জস্যতা

২। Foundation defect –ভিত্তির ক্রটি বা ফাটল আছে।

৩। Defective Structure -ক্রটিপূর্ন ফ্রেম, ষ্ট্যান্ড বা সাপোর্ট (stand or support)

৪। Natural frequency effect – গতি জনিত স্বভাবগত ফ্রিকুয়েন্সীর প্রভাব।

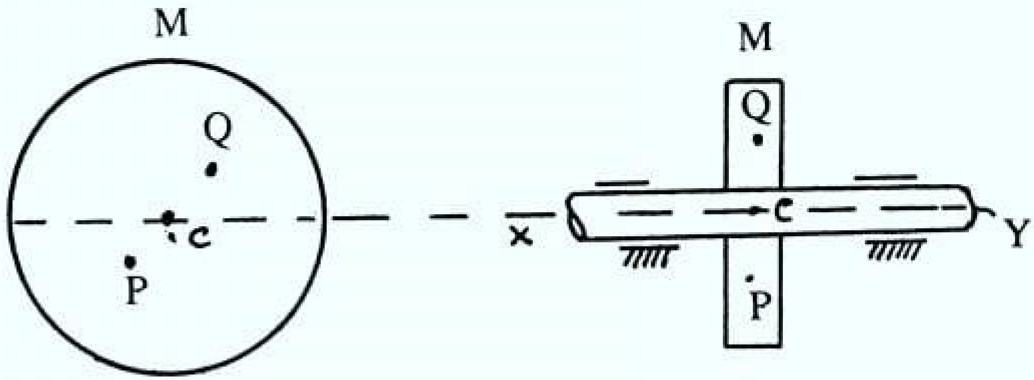
উপরের তিনটি ক্রটির প্রত্যেকটিই সারান জটিল, ব্যয়বহুল ও সময় সাপেক্ষ কাজে পরিনত হয়ে পড়ে।

ভার অসামঞ্জস্যতা দেখা দিলে সেই যন্ত্রের ঘুর্ণায়মান অংশকে (rotating mass) আলাদা ষ্ট্যান্ডে বা স্বস্থানে রেখে balancing করতে হবে। রোটর ছোট আকারের হলে বাহিরে কোন ব্যালেন্সিং যন্ত্রে অভিজ্ঞ লোক দ্বারা ব্যালেন্স করিয়ে নেয়া যায়। কিন্তু রোটর বড় ধরনের হলে তা সম্ভব হয়ে উঠে না। যাই হউক স্ব–অবস্থানে (on spot) কিভাবে ব্যালেন্সিং করতে হয় তার সাধারণ বর্ননা এখানে দিব। তার আগে Unbalance কেন হয় এবং তা কি সে সম্পর্কে ধারণা করে নেয়া দরকার।

কোন চাকতি বা প্রতিসম (Symetrical) যান্ত্রাংশ সাফটের উপর আবর্তনের সময় যদি উহার মধ্যাকর্ষন কেন্দ্র (Centre of Gravity) আবর্তন অক্ষের সাথে মিলে যায় তবে উহাকে ব্যালেন্স (balance) অবস্থায় ঘুরছে বলতে হবে। কিন্তু বাস্তব ক্ষেত্রে ইহা মিলিত হয় না বা মিলান সম্ভব হয় না। তবে যতটুকু সম্ভব কম পার্থক্য থাকে সেই চেষ্টা করা হয়। এই পার্থক্য যত কম

হবে অসামঞ্জস্যতা (Unbalance) তত কম হবে এবং কম্পনের উৎপত্তিও তত কম হবে।

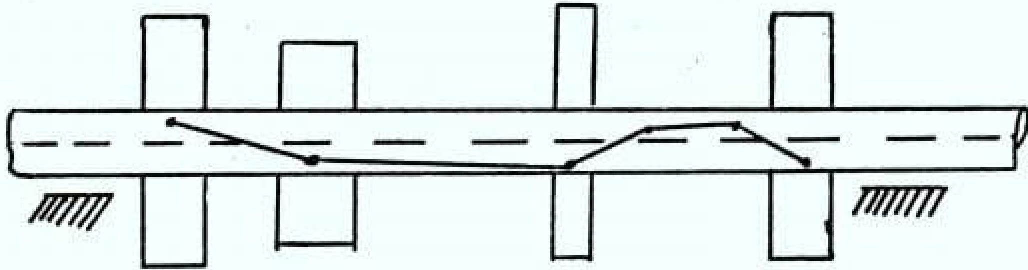
ধরা যাক M একটি চাকতি যার মধ্যাকর্ষন কেন্দ্র বা ওজনের কেন্দ্র বিন্দু Q, কিন্তু এর জ্যামিদিক কেন্দ্র বিন্দু C। এখন C বিন্দুর মধ্যে দিয়ে যদি XY



চিত্র নং–৫৭, ভর অসামঞ্জস্যতা এবং ব্যালেন্সিং এর উদাহরণ

একটি দন্ড ঢুকিয়ে দেই এবং ইহাকে বিয়ারিং এর মধ্যে রেখে ঘুরাতে থাকি তা হলে এই C ও Q এর পার্থক্যের জন্য অর্থাৎ C বিন্দুর চর্তুদিকে অসামঞ্জস্য ওজনের জন্য কেন্দ্রপেসারী শক্তির (Unbalance centrifugal force) উৎপত্তি হবে যাহা সাফ্‌টকে তার কেন্দ্র বিন্দু হতে একদিকে টেনে নিয়ে যেতে চাইবে এবং কম্পনের সৃষ্টি করবে। চাকতির গতি এবং C-Q এর ওজন পার্থক্য যত বেশী হবে centrifugal force ও তত বেশী হবে এবং কম্পনের মাত্রা ততটা বাড়বে। আবার Q বিন্দু C বিন্দু হতে যত দূরে হবে কম্পন সৃষ্টি তত বেশী হবে। এখন যদি P বিন্দুতে এমন একটি ওজন স্থাপন করা যায় যে চাকতির মধ্যাকর্ষর্ন কেন্দ্র বিন্দুতে অর্থাথ C অথবা C বিন্দুর অত্যন্ত সন্নিকটে চলে আসে তবেই আমরা ইহাকে ব্যালেন্স করা হয়েছে বলতে পারি। যদি একটি সাফ্‌টে কয়েকটি চাকতি বা ইম্পেলার (Impeller) বা ব্লেড (blade) থাকে তাহলে

সাফ্‌ট লাইন এবং মধ্যাকর্ষন কেন্দ্র সমূহের পার্থক্য নিম্নের সংযুক্ত বক্র রেখা ধরনের হয়ে থাকে।



চিত্র নং–৫৮, সাফ্‌ট–লাইন ও মধ্যাকর্ষণ কেন্দ্রসমূহের সংযুক্ত রেখা চিত্র।

এই পরিস্থিতিতে আলাদা ভাবে কোথায় কতটুকু ওজন লাগবে তা নির্নয় করা এবং তার সমাধান করা খুব কঠিন। ফলে সাফ্‌ট প্রান্তের কোন অংশে, রিমে বা একটি কোন চাকতিতে ওজন বসিয়ে সাফ্‌টের চর্তুদিকে ওজনের সামঞ্জস্যতা করা হয়। এতে কম্পনের মাত্রা কমে গ্রহনযোগ্য আওতায় চলে আসে।

ব্যালেন্সিং (balancing) দুই প্রকারের।

১। Static balancing -স্থির অবস্থায় ওজন সমাঞ্জস্যতা করণ।

২। Dynamic balancing -চলন্ত অবস্থায় ওজন সমাঞ্জস্যতা করণ

স্ট্যাটিক বেলেন্সিং (Static balancing) ঃ–

একাট উদাহরণ দিয়ে স্ট্যাটিক বেলিন্সিংকে বুঝাতে চেষ্টা করা যাক। মনে করি বাইসাইকেলের চাকা বা অন্য যে কোন একটি হুইলকে একটি সাফ্‌ট ও ষ্ট্যান্ডে রেখে ঘুরিয়ে দেই। ঘুরে ঘুরে গতি কমে গিয়ে এক সময় চাকতিটি থেমে যাবে। থামার পর নীচের দিকে যে অংশ থাকবে তাকে চিহ্নিত করে রাখি। আবার চাকতিটিকে ঘুরিয়ে দেই। চাকতিটি যখন স্থির অবস্থায় আসবে তখন যদি দেখা যায় যে পূর্বে চিহ্নিত অংশ এবারও নিচের দিকে আছে তবে বুঝতে হবে যে কেন্দ্র বিন্দু হতে চিহ্নিত দিক বরাবর নীচে কোথাও ওজন বেশী আছে। এখন এর উল্টা

দিকে বিভিন্ন ওজন দিয়ে বসিয়ে একে করা যায়। অন্য ভাবে এই পরীক্ষা করা যেতে পারে। ধরা যাক চাকতিটিতে আটটি ৪৫° পর পর স্পোক (spoke) আছে এবং এগুলিকে ১,২------৮ সংখ্যায় চিহ্নিত করি। এবার ৪ নং স্পোকের যে কোন স্থান প'তে একটি ৫০ গ্রামের ওজন রেখে দেই। এখন যদি চাকতিটি ঘুরিয়ে ছেড়ে দেই তখন দেখা যাবে যে স্থির অবস্থায় আসলে ৪ নম্বর স্পোকটি নীচের দিকে থাকে। যতবারই ঘুরান যাক একই ফল পাওয়া যাবে। এখন যদি ঠিক এর ওল্টা দিকে ৮ নম্বর স্পোকের যে কোন স্থানে ব'তে ৫০ গ্রাম ওজন বেধে দেই এবং এর পর চাকতিটি ঘুরিয়ে ছেড়ে দেই তাহলে একেক বার একেক স্পোক নীচের দিকে থাকবে। এই পদ্ধতিতে কোন কিছুকে ব্যালেন্স করাকে ষ্ট্যাটিক ব্যালেন্সিং বলে। এই পদ্ধতিতে একক চাকতি বিশিষ্ট যন্ত্র যথা কোন ছোট পাম্প, ফেন, ডিস্ক ইত্যাদি ব্যালেন্স করা হয়। যদি যন্ত্রের গতি কম হয় তবে এই পদ্ধতিতে ব্যালেন্সিং প্রযোজ্য। যদি বেশী চাকতির রোটর হয় কিন্তু রোটরের ব্যাস সাফ্টের দৈর্ঘ্যের চেয়ে কম হয় তাহলেও এই ভাবে ব্যালেন্সিং করা যায়। ষ্ট্যাটিক ব্যালেন্সিং করতে হলে সাফ্টকে দুটি উচ্চ স্থানে V বা sharp edge' সমান্তরাল অবস্থায় রেখে চাকতি বা রোটরকে ঘুরিয়ে ঘুরিয়ে স্থির অবস্থায় চিহ্নিত করে এবং উল্টা দিকে বিভিন্ন পরিমাপের ওজন বসিয়ে ব্যালেন্সীং করা হয়। আবার দুটি মসৃন রেলের উপর সমান্তরাল অবস্থায় সাফ্টকে ঘুরিয়ে ২/৩ চক্কর চলে থামতে দিলে বেশী ওজনের দিক স্থির অবস্থায় নীচের দিকে থাকবে। ফলে উপযুক্ত রেল ষ্টেন্ড তৈরী করে একই ভাবে ষ্ট্যাটিক ব্যালেনসিং করা যায়। তবে এই পদ্ধতি ব্যবহারের জন্য V-block, Rail ইত্যাদি অত্যন্ত মসৃন হতে হবে যেন অনেক কম বাধা (friction) পায়। এবং উপযুক্ত লেভেলিং'এর ব্যবস্থা থাকতে হবে যেন সাফ্ট সোজা এবং সমান্তরাল থাকে। ছোট খাট রোটর, ইম্পেলার ইত্যাদি লেদ মেসিনে বেধেও ব্যালেন্সিংকরা সম্ভব।

ডায়নামিক ব্যালেন্সিং (Dynamic balancing) :–

কোন হুইল, ইমপেলার বা রোটর ইত্যাদি তার নির্ধারিত গতিবেগে কি পরিমাণ অসামঞ্জস্য শক্তি এর উপর কাজ করে তা বের করা এবং ওজন কমিয়ে বাড়িয়ে তাকে সঠিকরণ করাকে ডায়নামিক ব্যালেন্সিং বলা হয়। যেমন পূর্বের উদাহরনের মত আবারও ব্যাখ্যা করা যাক। মনে করি ৪ স্পোক কেন্দ্র বিন্দু হতে ১৫" দূরে ৫০ গ্রাম ওজন রাখা আছে। যদি এই চাকতিটির মেসিন ১৫০০r.p.mএ ঘুরে, তাহলে ঐ গতির জন্য নিয়ম অনুসারে ৪নং স্পোক

বরাবর বাহিরের দিকে কেন্দ্রাপসরী শক্তি (Centrifugal force) একটি অসামঞ্জস্য শক্তিতে টানতে চেষ্টা করবে। যদি এই ৫০ গ্রাম ওজন ২০" দূরে হয় তবে এই শক্তি আরো বেশী হবে। ইহা নিম্নের সূত্র অনুসারে কাজ করবেঃ

Force, $F = 1.227\ WR\ n^2$

R = radius

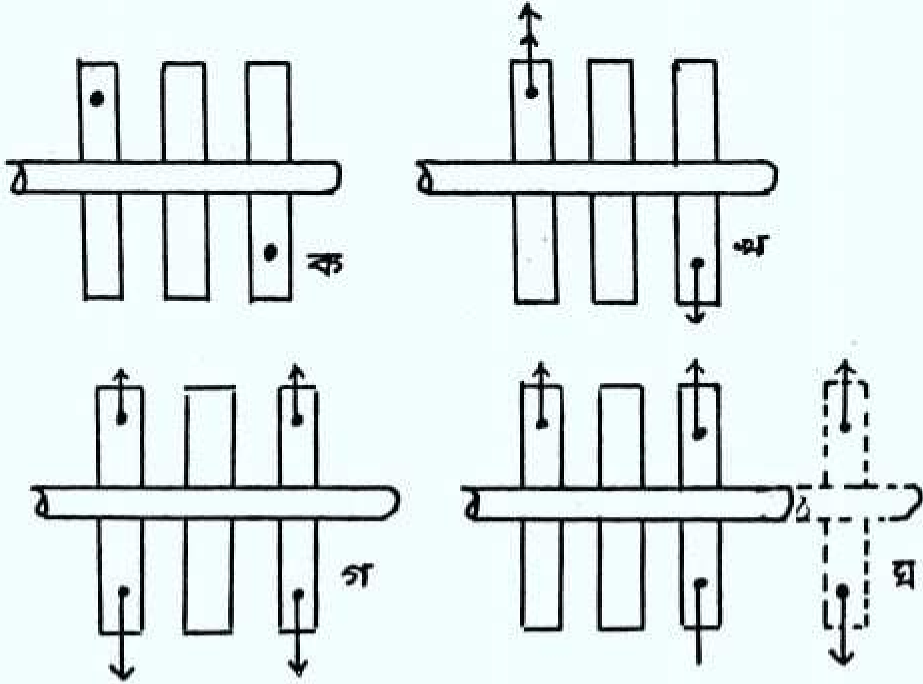
n = r.p.m.

W = Unbalance weight

অর্থাৎ গতি যত বেশী হবে বা কেন্দ্র থেকে ওজন যত দূরে হবে অথবা ওজনের পরিমাণ যত বাড়বে ঐ শক্তি তত বেশী হবে। এই অসামঞ্জস্য শক্তিই কম্পন সৃষ্টির কারণ হয়ে থাকে।

এখন যদি এই চাকতিটির ৮নং স্পোকের যে কোন স্থানে, ধরা যাক ২৫" দুরে .৫০ গ্রাম ওজন স্থাপন করি তাহলে পূর্বের ৪ নং স্পোকের বিপরীতে স্ট্যাটিক ব্যালেন্সিং ঠিকই হবে কিন্তু ডায়নামিক ব্যালেন্সিং হবে না। কারণ চাকতি যখন নিজস্ব গতিতে ঘুরতে থাকবে তখন উপরল্লক্ত দূরত্বের পার্থক্যের জন্য সৃষ্ট শক্তির পার্থক্য হবে ৮ নং স্পোকের দিকে। কিন্তু যদি ৮ নং স্পোকে ঠিক ১৫" দূরে ৫০ গ্রাম ওজন বেধে উহাকে ঘুরাই তবে সকল গতিতেই শক্তির সামঞ্জস্যতা থাকবে। আবার যদি ৮ নং স্পোকের ১০ ইঞ্চি দুরে কিছু বেশী ওজন স্থাপন করি যাতে নির্ধারিত গতিতে উভয় দিকের সেন্ট্রিফিগাল ফোর্স সমান হয় তাহলেও ঃসামঞ্জস্যতা ফিরে আসবে।

আবার যদি একটি সাফটে একাধিক চাকতি থাকে তাহলে কি দাড়ায় ৫৯ নংচিত্রে দেখা যাক ঃ



চিত্র নং—৫৯, চাকতি সম্পন্ন সাফ্টের সামঞ্জস্যতার উদাহরণ।

(ক) চিত্রে দুটি সমান ওজন একটি অপরটির বিপরীতে ভিন্ন চাকতিতে আছে। এই অবস্থায় ইহা Statically balanced। কিন্তু চলন্ত অবস্থায় দুটি দুই প্লেনে বা স্থানে centrifugal force সৃষ্টি করছে। ফালে একটি অন্যটিকে সামঞ্জস্য না করে শক্তির কাপল (couple) সৃষ্টি করছে যাহা (খ) চিত্রে দেখান হয়েছে। সুতরাং ইহাকে দুই প্লেনে আলাদা ভাবে (গ) চিত্রের ন্যায় ব্যালেন্স করতে হবে। অথবা অন্য কোন সুবিধাজনক প্লেনে (ঘ) চিত্রের মত একদিকে বা উভয় দিকে ওজন দিয়ে সামঞ্জস্য করা যায়। এই ভাবেই ডায়নামিক ব্যালেন্সিং করা হয়ে থাকে।

উপরের আলোচনা হতে ইহা পরিষ্কার যে ডায়নামিক ব্যালেন্সিং করা হলে ইহার স্ট্যাটিকাল ব্যালেন্সিংও হয়ে যাবে। স্টেটিক্যালি ব্যালেন্স করা হলে তাহা ডায়নামিকালি ব্যালেন্স নাও হতে পারে।

ডায়নামিক ব্যালেন্সিং করার জন্য বিশেষ স্ট্যান্ড ব্যবহার করা হয় যার সাথে কম্পন মাপার যন্ত্রাদি যুক্ত থাকে। সেই রকম বেডে সহজে সঠিকভাবে ব্যালেন্সিং করা সম্ভব। এছাড়া যথাস্থানে (on the spot) ব্যালেন্সিং করার জন্যও ব্যালেন্সিং এনালাইজার ও বহনযোগ্য ব্যালেন্সিং মেসিন ব্যবহৃত হয়। এই

সব যন্ত্রপাতির সাহায্য নিয়ে যে যন্ত্রে কম্পন আছে তাকে বার বার চালিয়ে হিসাব নিকাশ করে যথা স্থানে ওজন বাড়িয়ে কমিয়ে ব্যালেন্সিং করা যায়। এই সব যন্ত্র পাতি সহজলভ্য নয় এবং এগুলি ব্যবহারের অভিজ্ঞতাও প্রয়োজন। সাধারণ ভাবে কাজ চালিয়ে নেয়ার জন্য এবং কোথাও ব্যালেন্সিং'এর অভাবে অতিরিক্ত কম্পন দেখা দিলে কি ভাবে ব্যালেন্সিং পদ্ধতির মাধ্যমে কম্পন কমিয়ে আনার চেষ্টা করা যায় তার দু' একটি পদ্ধতি এখানে বলব। অন্যথায় অভিজ্ঞ ব্যক্তি এবং উন্নত মানের যন্ত্রপাতি ব্যবহার করে ব্যালেন্সিং করাই উত্তম।

ব্যালেন্সিং'এর অভাবে কম্পন হচ্ছে যদি এই সিদ্ধান্তে আসা যায় তাহলে যন্ত্রটি খুলে অথবা পরীক্ষা করে দেখার জন্য যদি কোন ম্যানহোল কভার থাকে তাহা খুলে সাফটের গায়ে অবস্থিত চাকতি, পাখা, ইম্পেলার অর্থাৎ সাফ্‌ট রোটরের প্রত্যেকটি অংশকে ভালভাবে অবলোকন করতে হবে। যদি রোটরের বা ব্লেডের কোন অংশ ভেঙ্গে গেছে বা ক্ষয়ে গেছে এমনটা দেখা যায় তাহলে এটা একটা কারণ বলে ধরে নেয়া যেতে পারে। ব্লেডের যে অংশটুকু ভেঙ্গে গেছে তার আনুমানিক সমপরিমাণ ওজন ঐ স্থানের সন্নিকটে কোথাও সংযুক্ত করে দিতে হবে। যদি এই ধরনের সংযোজন অসুবিধাজনক হয় তবে তার ঠিক উল্টা দিকে ঠিক সমপরিমাণ ওজন ড্রিল করে বা গ্রাইন্ডিং করে তুলে দিতে হবে অথবা সেই পরিমান স্থান ভেঙ্গে ফেলে দিতে হবে। যেমন টারবাইন রোটরের কোন একটি চাকতির একটি বা ২/৩ টি ব্লেড ভাঙ্গা পাওয়া গেল। সে ক্ষেত্রে নূতন ব্লেড সংযোজনের জন্য অপেক্ষা না করে সেই চাকতির ১৮০° বিপরীত দিকে সমপরিমাণ ব্লেড কেটে ফেলে দিতে হবে। যন্ত্র সংরক্ষণে অভিজ্ঞ ব্যক্তিদের এমন করতে দেখা গেছে।

যদি এমন কোন ক্রটি সরাসরি চোখে ধরা না পড়ে অর্থাৎ ক্ষয়ে যাওয়ার জন্য বা কোথাও বাকা হয়ে যাওয়ার জন্য অসামঞ্জস্যতা হয়, সে ক্ষেত্রে মেসিনটি চালিয়ে এর কম্পন কত আছে তা কয়েকটি স্থানে দেখতে হবে। অতপর রোটরের সাইজ অনুপাতে ছোট একটি ওজন চাকতির মধ্যে সুবিধা মত কোন স্থানে খুব শক্তভাবে আটকে দিতে হবে। কোন কোন চাকতিতে এই ধরনের ওজন স্থাপনের বিশেষ খাজ থাকে। যদি টারবাইন রোটর হয় তবে শেষের চাকতিতে অথবা সফ্‌টের গায়ে ব্যালেন্সিং'এর ওজন বসাবার আলাদা ব্যবস্থা থাকে। অন্যান্য মেসিনে এমন স্থান না থাকলে, ওয়েল্ডিং করে বা নাটবোল্ট আকারে বা বিশেষ ক্লাম্পের সাহায্যে ওজনকে দৃঢ় ভাবে স্থাপন করতে হবে যেন ঘূর্ণন অবস্থায়

কিছুতেই ছুটে না যায়। কারণ ছুটে গিয়ে উচ্চ গতিতে অন্যান্য ব্লেড বা যন্ত্রাংশকে নষ্ট করতে পারে।

কতটুকু ওজন স্থাপন করা উচিৎ সেটাও জানা দরকার। অতিরিক্ত ওজন স্থাপন করলে হঠাৎ করে কম্পন বেড়ে গিয়ে যন্ত্রের ক্ষতি করতে পারে। সুতরাং প্রথমে ছোট মাপের ওজন অর্থাৎ ২০ হতে ৩০ গ্রাম ওজন এবং ধাপে ধাপে তা বাড়িয়ে ১০০ গ্রাম অথবা যন্ত্রের আকার অনুসারে তারও বেশী ওজন দেয়া যেতে পারে। এই পরিমাণ নির্ভর করবে মেসিনের গতি, রোটরের ওজন, এবং কত দূরে ইহা স্থাপন করা হচ্ছে তার উপর। এই ওজন পরিমাপের জন্য নিম্নে দুটি সূত্র দেয়া হল।

১। যদি মেসিনের গতি ১৫০০ rpm এর নীচে হয় তাহলে ব্যালেন্সিং ওজন $BW=\frac{4WD}{R}$

২। যদি মেসিনের গতি ১৫০০ rpm এর বেশী হয় তাহলে

$$BW = \frac{2.86x\ \frac{W}{100}}{\left(\frac{RPM}{1000}\right)^2 x\ R}$$

BW = ব্যালেন্সিং ওজন আউন্সে

W = রোটরের এর ওজন পাউন্ডে

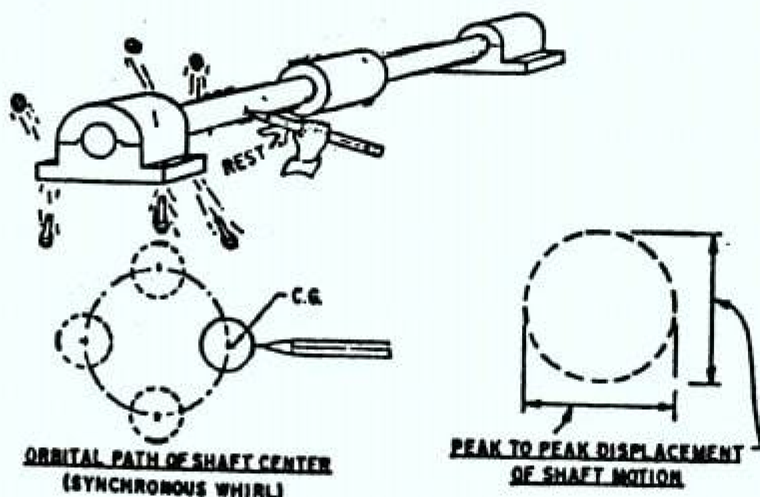
D = কম্পন বিস্তার, Dpeak to peak ইঞ্চিতে

R = ব্যাস অর্থাৎ যতদূরে ওজন স্থাপন করা হবে তাহা ইঞ্চিতে।

দ্বিতীয় সূত্রে ওজনের পরিমাণ কোন কোন ক্ষেত্রে অত্যান্ত কম আসতে পারে, সে ক্ষেত্রে ইহার দ্বিগুন বা ত্রিগুন ওজন ব্যবহার করা যেতে পারে।

অনুমানমত কোন একটি স্থানে ওজন স্থাপন কার্য্য সম্পন্ন হলে মেসিনটিকে চালিয়ে পুনরায় কম্পন মেপে দেখতে হবে। যদি কম্পন বেড়ে যায় বুঝতে হবে এই ওজন উল্টো দিকে কোথাও স্থাপন করতে হবে। যদি কম্পন কমে তাহলে বুঝতে হবে যে দিক ঠিক আছে যা সামান্য হের ফের করতে হবে। কতটুকু কম্পন কমল সেই অনুসারে ওজন বাড়িয়ে বা কমিয়ে দেয়া যাবে। যদি উল্লেখযোগ্য ফল পাওয়া না যায় তবে ওজনের মাত্রা আরো বাড়িয়ে অথবা স্থান বা দূরুত্ব পরিবর্তন করে পরীক্ষা চালাতে হবে। এই ভাবে পরীক্ষা নিরীক্ষার পর মোটামুটি নির্দিষ্ট স্থান এবং ওজনের পরিমাণ পাওয়া যেতে পারে। এই ভাবে ব্যালেন্সিং করে মেসিনের কম্পন কমিয়ে ব্যবহারযোগ্য সীমার মধ্যে আনা সম্ভব। এই রূপ ভুল ও সুদ্ধিকরণ (Trial and error) পদ্ধতিতে ব্যালেন্সিং করতে গেলে যন্ত্রকে অনেক বার চালাতে হয়, সে জন্য সব ধরনের মেসিনের জন্য সুবিধা জনক নয়। সে ক্ষেত্রে ব্রাইব্রেসন এনালাইজার ব্যবহারের প্রয়োজন হয়।

পেন্সিল পদ্ধতিঃ— যদি রোটরের ওজন কম হয়, গতি কম হয় এবং ক্রটির জন্য সাফ্‌টে ভাল পরিমাণ স্যাগ (sag) সৃষ্টি করে তখন এই পদ্ধতিতে ফল পাওয়া যায়। এর জন্য শক্ত হাত ও সুক্ষ্ম অনুভূতি প্রয়োজন হয়। অর্থাৎ মেসিনটিকে চালিয়ে সাফটের খোলা স্থানে শক্ত হাতে একটি পেন্সিলকে ধরে ধীরে ধীরে সাফ্‌টের দিকে আগাতে হবে যতক্ষন না আলতো ভাবে পেন্সিল সাফ্‌টকে স্পর্শ করবে। এইভাবে দুই তিন স্থানে পেন্সিলের দাগ দিতে হবে। মেসিনটি থামালে দেখা যাবে যে এই পেন্সিলের দাগ সব জায়গাতেই সাফ্‌টের একই দিকে আছে। এখন ব্যালেন্সিং ওজন এর বিপরীত দিকে স্থাপন করে এবং কম্পনের মাত্রা অনুসারে ওজন কম বেশী করে ব্যালেন্সিং করা যায়। নিম্নে ছবি দ্রষ্টব্যঃ



চিত্র নং—৬০, পেন্সিল ও দাগ পদ্ধতিতে ব্যালেন্সিং।

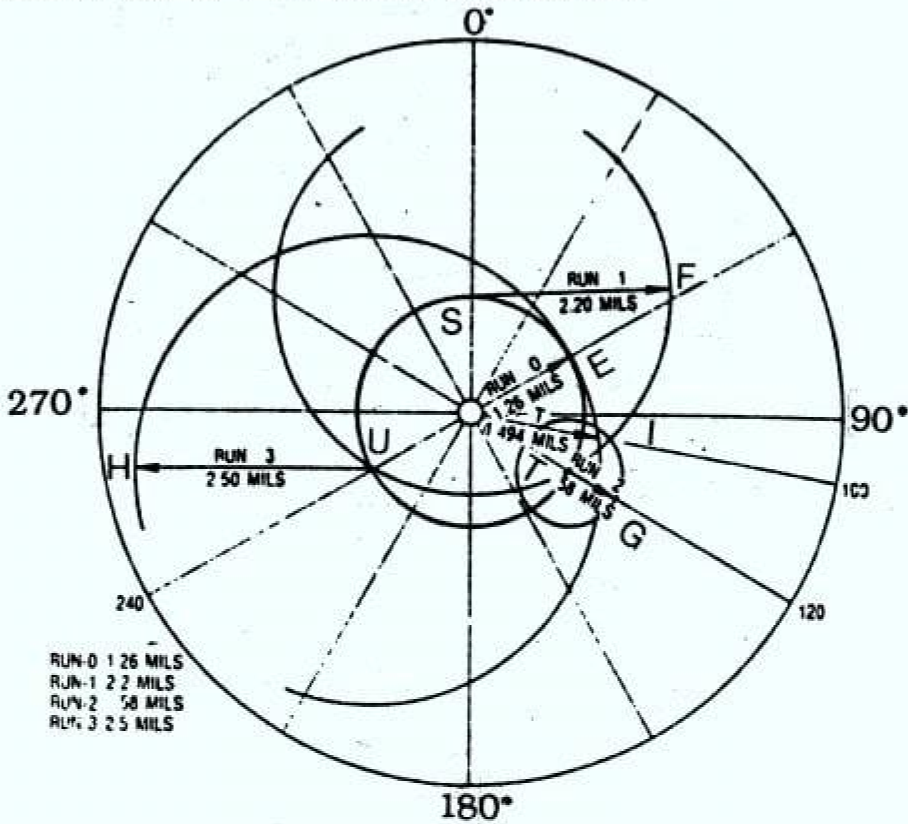
চারবার মেসিন চালিয়ে ব্যালেন্সিং করার পদ্ধতিঃ–

এই পদ্ধতি দ্বারা শুধু মাত্র কম্পন মাপক যন্ত্র (Vibrometer) ব্যবহার করে মেসিন ৪ বার চালিয়ে সঠিক ব্যালেন্সিং করা যায়। এই পদ্ধতি কুলিং ফেন (Cooling fan), ড্রাফট ফেন, ব্লোয়ার, এক ষ্টেজ বা একক ইম্পেলারের পাম্প এবং এক প্লেনের মাঝারি ধরণের মেসিনের জন্য অধিক প্রযোজ্য। তবে অন্যান্য বড় যন্ত্রেও কখনও কখনও সুফল পাওয়া যেতে পারে। বড় যন্ত্রের ব্যালেন্সিং ভেক্টর ডায়াগ্রামের (Vector Diagram) সাহায্যে এবং অভিজ্ঞ ব্যক্তি দ্বারা করানো শ্রেয়।

ধরা যাক মেসিনটি চালু আছে। এখন যেখানে কম্পন বেশী তার নিকটস্থ বিয়ারিং'এ কম্পনের পরিমাণ বাইব্রোমিটার দিয়ে মাপা-হল। মনে করি এর পরিমান ১·২৬ mils এবং ইহাকে E-reading বলি (চিত্রে দেখান হয়েছে)। এখন একটি কৌনিক গ্রাফ কাগজে ১" = ১০ mils এই স্কেল নিয়ে ০'কে কেন্দ্র করে E=1.26 ইঞ্চি ব্যাসার্ধ নিয়ে একটি বৃত্ত আকি। এখন যে রোটর বা ফেনকে ব্যালেন্সিং করা হবে তার কোন এক সুবিধাজনক স্থানে আনুমানিক ওজন (Trial weight) বসাতে হবে। এই একই ওজন পুনরায় কেন্দ্র হতে সমান দূরত্বে ভিন্ন স্থানে বসাতে হবে। প্রত্যেক বার বসানোর পর মেসিনটি চালিয়ে কম্পন মাপতে হবে।

মনে করি আমরা ছয়টি ব্লেড যুক্ত একটি ফেনকে ব্যালেন্সিং করছি। এখন ফেন ব্লেডে ১, ২, ৩-----৬ নম্বর দেই এবং যেখানে ওজন বসাব সেই দূরুত্ব এবং স্থানকে প্রত্যেক ব্লেডে চিহ্নিত করে। ধরা যাক ৮ গ্রামের একটি ওজন ১ নং ব্লেডে কোন দূরত্বে বসান হল। এখন মেসিনটি চালিয়ে কম্পন পাওয়া গেল ২·২ mils। এবার ০° বরাবর প্রথম বৃত্ত যেখানে মিলিত হয়েছে অর্থাৎ S বিন্দুকে কন্দ্রে করে F= ২·২ ইঞ্চি ব্যাসার্ধ্য নিয়ে আরেকটি বৃত্ত আঁকা হল। মেসিনটি থামান হল। এবার ওজনটি খুলে ৩ নং ব্লেডে অর্থাৎ ১২০° দূরত্বে বসান হল। মেসিনটি আবার চালিয়ে কম্পন পাওয়া গেল ০·৫৮ mils। এখন E বৃত্ত ১২০° বরাবর যে বিন্দুতে মিলিত হয়েছে অর্থাৎ T বিন্দুকে কেন্দ্র করে G=০·৫৮" সমান ব্যাসার্ধ্য নিয়ে একটি বৃত্ত আঁকি। আবার ওজনটিকে সরিয়ে ২৪০° বরাবর বসাই এবং মেসিন চালু করি। এবার কম্পন মাপা হল ২·৫ mils। সুতরাং E বৃত্ত ২৪০° বরাবর যেখানে ছেদ করেছে অর্থাৎ U বিন্দুকে কেন্দ্র করে H=২·৫" ব্যাসার্ধ্য নিয়ে আরেকটি বৃত্ত আঁকি। এখন প্রথম, দ্বিতীয়, তৃতীয় অর্থাৎ S,T,U

বৃত্ত যে এলাকাটিতে মিলিত হয়েছে তাহা চিহ্নিত করি এবং এই ক্ষুদ্র ক্ষেত্রের একটি কেন্দ্র বিন্দু স্থির করি এবং কেন্দ্রের সাথে যুক্ত করে সরল রেখা টানি। এই রেখাই নির্দিষ্ট ভেকটর রেখা হবে যাহা I=১·৪৯" মেপে পাওয়া গেছে। অর্থাৎ ইহা কম্পন মাত্রা ১·৪৯ mils বুঝায়। এখন E ও I এর অনুপাত নিয়ে (অর্থাৎ $\frac{E}{I} = \frac{১·২৬}{১·৪৯}$) তাহাকে ট্রায়েল ওজন দিয়ে গুণ করে নির্ধারিত বা অভিষ্ট ওজন বের করতে হবে। অর্থাৎ এখানে অভিষ্ট ওজন হবে W= $\frac{১·২৬}{১·৪৯}$ x ৮=৬·৭৬ গ্রাম। এই ওজন I রেখা বরাবর অর্থাৎ আনুমানিক ১০০° কৌণিক রেখার পূর্বের সমান দূরত্বে স্থায়ী ভাবে বসাতে হবে। এখন এই ১০০° বরাবর যদি স্থান না থাকে তবে ভেক্টরের সাহায্যে হিসাব করে স্থান পরিবর্তন করা যাবে বা সামান্য পরিমাণ এদিক সেদিক করে চালিয়ে সঠিক স্থান নির্ধারিত করা যাবে। উপরের উদাহরনটি প্রকৃত একটি পরীক্ষার ফলাফল থেকে নেয়া। এই পদ্ধতিতে ব্যালেন্সিং করার পর কম্পন কমে ০·১ mils হয়ে যায়।



Four-run balancing method.

চিত্র নং—৬১, চার রানে ব্যালেন্সিং পদ্ধতি।

যদি সাফ্‌ট লম্বা হয় বা একাদিক প্লেনে ব্যালেন্সিং করতে হয় অথবা ঘুর্ণন গতি যদি বেশী হয় তখন যথেষ্ট সতর্কতার সহিত ব্যালেন্সিং কার্য্য সমাধা করা প্রয়োজন। সে ক্ষেত্রে ভাইব্রেসন এনালাইজার ব্যবহার করা উচিৎ এবং বিশেষজ্ঞের মাধ্যমে ব্যালেন্সিং করানো শ্রেয়।

ফাউন্ডেসন ক্রুটি দেখা দিলে, সাপোর্ট বা স্টান্ডে কোন দোষ থাকলে; রোটর, বডি বা ভিত্তিতে সুক্ষ্ম ফাটল থাকলে অথবা এই জাতীয় কোন কারণে কম্পন দেখা দিলে গতি প্রকৃতি অনেক জটিল হয়ে থাকে এবং তার সঠিক কারণ নির্নয় অনেক সময় দূরূহ হয়ে পড়ে। সেক্ষেত্রে অভিজ্ঞ ব্যক্তি দ্বারা ভালভাবে পরীক্ষা নিরীক্ষা এবং বিচার বিশ্লেষন করে ক্রুটি সনাক্ত করতে হবে ; কেননা এরূপ ক্রুটি মুক্তি ব্যয়বহুল হওয়ার সম্ভাবনা থাকে।

ন্যাচারাল ফ্রিকুয়েন্সী ও ক্রিটিকাল স্পীড (Natural frequency and Critical speed) :–

প্রত্যেক বস্তুর নিজস্ব একটি স্বভাব বা প্রকৃতিগত ফ্রিকুয়েন্সী থাকে, যে ফ্রিক্রয়েন্সীতে ঐ বস্তু আপনা আপনি কেঁপে উঠে বা কেঁপে উঠতে চায়। যেমন দুটি একই প্রকৃতির টিউনিং ফর্ক (Tuning fork) পাশা পাশি রেখে যদি একটিতে আঘাত করা হয় তাহলে দেখা যাবে যে অন্যটি আপনা থেকেই সমপরিমাণে কেঁপে উঠেছে। যে ফ্রিকুয়েন্সীতে টিউনিং ফর্কটি নিজে নিজে কেঁপে উঠল উহাই তার ন্যাচারাল ফ্রিকুয়েন্সী এবং এইভাবে কেঁপে উঠাকে রেজোনেন্স (resonance) বা প্রতি কম্পন বলে। উদাহরণ স্বরূপ বলা যায় যে বেহালা, ড্রাম, ঘন্টা, গীটারকে যখন আঘাত করা হয় তখন তাদের ন্যাচারাল ফ্রিকুয়েন্সীতে কেপে উঠে এবং সুরের রেশ ধরে রাখে। এই ফ্রিকুয়েন্সী কত হবে তাহা দুটি বিষয়ের উপর প্রধানত নির্ভর করে। অর্থাৎ বস্তুটির ভর (Mass) কত এবং কাঠিন্য (stiffness) কিরূপ। যদি কোন ঘুর্ণয়মান যন্ত্রের কোন অংশের ন্যাচারাল ফ্রিকুয়েন্সী ঘুর্ণন ফ্রিকুয়েন্সীর সমান হয়ে যায় তখনঐ যন্ত্রে রেজোনেন্স দেখা দেয়। অর্থাৎ ঘুর্ণন ফ্রিকুয়েন্সী যদি ঐ যন্ত্রের বা যন্ত্রাংশের ভরের ন্যাচারাল ফ্রিকুয়েন্সীর সাথে মিলে যায় অথবা কাছাকাছি যায় তাহলে সেই ক্ষেত্রে প্রতি কম্পনের সৃষ্টি হবে। ফলে যন্ত্রটির কম্পন মাত্রা তখন বেড়ে যাবে। যে ঘুর্ণন গতিতে কোন যন্ত্রে প্রতি কম্পনের সৃষ্টি হয় তাহাকেই ঐ যন্ত্রের ক্রিটিকাল স্পীড (Critical speed) বলে। যেমন টারবাইন চালু করার সময় যখন গতি বাড়ান

হয় তখন দেখা যায় যে তার নিজস্ব পুর্ন গতি ৩০০০ r.p.mএ পৌছার পূর্বে ১৩০০, ১৮০০, ২১০০ r.p.m ইত্যাদি কোন গতিতে থাকার সময় হটাৎ করে কম্পন অনেক বেড়ে গেছে। মানে টারবাইন তার ক্রিটিকাল স্পীড পৌছার ফলে কম্পন বেড়ে গেছে। সেজন্য টারবাইন চালু করার সময় ক্রিটিকাল স্পীডকে তাড়াতাড়ি অতিক্রম করে পূর্ণ গতিতে যাওয়া হয়। যখন যন্ত্র পূর্ণ গতিতে চলে যায় তখন এর কম্পন স্বাভাবিক মাত্রায় থাকে।

অনেক সময় দেখা গেছে যে ন্যাচারাল ফ্রিকুয়েন্সী জনিত কারণে যন্ত্রের কম্পন মাত্রা বেড়ে গেছে। যেমন কোন একটা মূল যন্ত্রাংশ ক্ষয়ে গিয়ে এর ভর এমন পর্যায়ে দাড়াল যে যন্ত্রের পূর্ণ গতি ও ঐ ভারের ন্যাচারাল ফ্রিকুয়েন্সী সমান বা কাছাকাছি হয়ে গেছে। ফলেঐ যন্ত্র চলার সময় প্রতিকম্পন সৃষ্টি হবে এবং কম্পন মাত্রা অধিক বা অস্বাভাবিক হয়ে যাবে। সে ক্ষেত্রে যন্ত্রাংশের ভর পরিবর্তনের ব্যবস্থা করতে পারলে কম্পন কমানো সম্ভব হবে। এমনও দেখা গেছে যে একটি যন্ত্র প্রতিকম্পনের ফলে চালান সম্ভব হচ্ছে না ; তখন ঐ যন্ত্রের উপরে কিছু ওজন রেখে দেয়ার ফলে ভাইব্রেসন কমে গেছে। পরে যন্ত্রটির গায়ে কিছু ওজন ওয়েল্ডিং করে লাগিয়ে দিয়ে স্থায়ী সমাধান করা হয়েছে।

কম্পন ও অবাঞ্ছিত শব্দ (Vibration and Noise) :–

কম্পন ও শব্দের মধ্যে অবিচ্ছেদ্য সম্পর্ক আছে। কম্পন থেকেই শব্দের সৃষ্টি। কোন যন্ত্র চলার সময় যে কম্পন হয় তা চারিদিকের বায়ুমন্ডলে তরঙ্গ সৃষ্টি করে যা মানুষের কানের পর্দায় গিয়ে আঘাত করে আওয়াজে পরিনত হয়। সে জন্য একটি যন্ত্র চলছে কিনা তা প্রথমে আওয়াজ থেকেই বুঝা যায়। আবার একটি চলন্ত মেসিন থেকে অস্বাভাবিক শব্দ ভেসে আসলে আমরা বুঝতে পারি যে উহাতে কোন ত্রুটি দেখা দিয়েছে। যন্ত্রের কম্পনের মাত্রা অস্বাভাবিক ভাবে বেড়ে গেলে শব্দের মাত্রাও বেড়ে যায়। সুতরাং যন্ত্রের অবস্থা বুঝার জন্য শব্দও একটি ধ্রুব (factor)

আমাদের কথা বলা থেকে শুরু করে যানবাহন চলাচল, মিল–ফ্যাক্টরী, জনতার কোলাহল ইত্যাদি সর্বত্রই শব্দ বিদ্যমান এবং ইহা স্বাভাবিক। কিন্তু শব্দ যখন অস্বাভাবিক, অনাকাঙ্খিত বা অপ্রয়োজনীয় কারণে হয় তখনই আমাদের নিকট বিরক্তিকর ঠেকে। যে কোন অবাঞ্ছিত শব্দকে নয়েজ (Noise) বলে। যদি

কোন কারখানায় নয়েজ বেশী হয় এবং দীর্ঘ দিন্ন যাবৎ কেহ সেই পরিবেশে কাজ করে তাহলে তার শ্রবন শক্তি খর্ব হতে বাধ্য। সে জন্য আন্তর্জাতিক সংস্থা কল-কারখানায় কি পরিমাণ নয়েজ গ্রহনযোগ্য হতে পারে তা নির্ধারিত করে দিয়েছে, অর্থাথ সাধারণ ভাবে ৫০-১১০ dB। প্রত্যেক যন্ত্র চলার সময় সমপরিমান নয়েজ সৃষ্টি করে না। একেক প্রকার যন্ত্রের নয়েজের লেবেল একেক রকম। আজকাল প্রস্তুত কারক গোষ্ঠী তাদের যন্ত্রের নয়েজের মাত্রা উল্লেখ করে দেয়। ফলে নয়েজ মেপে আমরা তার নির্দিষ্ট মাত্রার সাথে তুলনা করতে পারি।

শব্দ এক প্রকার চাপ তরঙ্গ যার গতি আছে, ফ্রিকুয়েন্সী আছে, তরঙ্গ দৈর্ঘ্য ও বিস্তার আছে। প্রত্যেক মাধ্যমে শব্দের নির্দিষ্ট গতি (Velocity) থাকে, যেমন বাতাসে ১১০০ ft/see। ফ্রিকুয়েন্সী অনুসারে শব্দের প্রকৃতি অর্থাৎ মোটা, চিকন ইত্যাদির পার্থক্য হয়ে থাকে। যেমন একটি পিয়ানোর নিম্নতম স্কেলের কি-বোর্ডের আওয়াজের ফ্রিকুয়েন্সী প্রায় ২৭ HZ বা Cycles /sec এবং উচ্চতম কি-বোর্ডের ৪১৮৬ HZ বা cpm। তরঙ্গ দৈর্ঘ্য ও বিস্তার দ্বারা শব্দ কতটা শক্তিশালী বা বিকট তাহা বুঝা যায়। মানুষের কান অত্যন্ত সুক্ষ্ম অনুভুতির শব্দ গ্রাহক যন্ত্র। এর শব্দ গ্রহনের ব্যাপ্তি অনেক; তবে ৫০০ H_Z থেকে ৬০০০ H_Z পর্য্যন্ত ফ্রিকুয়েন্সীর আওয়াজ সুষ্ঠভাবে গ্রহন করতে পারে। এই গ্রহন যোগ্যতা বা আযোগ্যত্যা অনুসারে শব্দমালাকে তিন ভাগে ভাগ করাহয়েছে।

১। ইনফ্রাসনিক (Infrasonic) - যে নিম্ন ফ্রিকুয়েন্সীর শব্দ মানুষ শুনতে পায় না অর্থাৎ ১৫ H_Z এর নীচের আওয়াজ।

২। সনিক (sonic)ঃ- যে ফ্রিকুয়েন্সীর শব্দ মানুষ শুনতে পায় অর্থাৎ ১৫ HZ থেকে ২০,০০০ H2 এর আওয়াজ।

৩। আলট্টা সনিক (Ultra sonic)যে উচ্চতম ফ্রিকুয়েন্সীর শব্দ মানুষের শ্রবন ক্ষমতার বাহিরে অর্থাৎ ২০,০০০ HZ এর উপরের আওয়াজ।

শব্দ মাপক যন্ত্র (Sound level meter) দ্বারা শব্দ বা নয়েজের পরিমাণ (Intensity) মাপা হয়। শব্দ মাপার একক হল `decibel' ডেসিবেল যার সংক্ষেপ সংকেত হল `dB'। শব্দ মাপক যন্ত্রেরও একটি মিটার ও একটি পিকআপ থাকে। পিকআপটি মাইক্রোফোনের মত। যে কোন সুবিধাজনক স্থানে পিকআপটি ধরে রাখলে তার আশে পাশের শব্দের মাত্রা মিটারে প্রদর্শন করবে।

কোন নয়েজের উৎস বরাবর ৩ থেকে ১০ ফুট দূরুত্বে পিকআপটি স্থাপন করলে সঠিক পরিমাণ নয়েজের লেবেল পাওয়া যায়। শব্দের উৎপত্তি মূল থেকে পিক আপ যত দূরে নিয়ে যাওয়া হবে শব্দের লেবেল বা মাত্রা মিটারে তত কম দেখাতে থাকবে। শব্দের মাত্রা সম্পর্কে ধারনা দেওয়ার জন্য দৈনন্দিন জীবনে প্রাপ্ত শব্দ লেবেলের তালিকা নিম্নে দেখান হল ঃ

ছক নং—২৩ দৈনন্দিন জীবনের শব্দের লেবেল।

দৈনন্দিন শব্দ মালা	শব্দের মাত্রা (dB)	শব্দ তরঙ্গের বিস্তার (Half wave amplitude) in cm at cycles 100	1000
নিম্নতম শব্দ বা শান্ত পরিবেশ	১৫	–	–
পাতার মর্মর শব্দ	২৫	১০$^{-৭}$	১০$^{-৮}$
ফিস ফিস কথাবার্তা(whisper)	৩৫	১০$^{-৬}$	১০$^{-৭}$
গড়পড়তা বাড়ীঘরের আওয়াজ	৫৫	১০$^{-৫}$	১০$^{-৫}$
আলাপ আলোচনা (Conversation)	৬০	১০$^{-৫}$	১০$^{-৬}$
যানবাহনের নয়েজ ২০/৩০ ফুট দূরত্বে	৮০	১০$^{-৪}$	১০$^{-৫}$
এলার্ম ঘড়ির ঘন্টার আওয়াজ ৩ ফুট দূরত্বে	৮০	১০$^{-৪}$	১০$^{-৫}$
ট্রাক বা লরীর আওয়াজ ১০/১৫ ফুট দুরত্বে	১০০	১০$^{-৩}$	১০$^{-৪}$
জেট প্লেন ৫০০ ফুট উপরে থাকা অবস্থায়	১১৫	১০$^{-৪}$	১০$^{-৩}$

কোন যন্ত্রের নয়েজ লেবেল মাপতে হলে যন্ত্রের চারিদিকে কয়েকটি স্থানের শব্দ লেবেল নিয়ে লিখে রাখা ভাল। কোন সময় যন্ত্রে ক্রুটি দেখা দিলে বা অস্বাভাবিক শব্দ হচ্ছে মনে হলে নির্দিষ্ট স্থান বা দূরত্ব থেকে নয়েজ লেবেল মেপে

আগের রেকর্ডের সাথে তুলনা করে দেখতে হবে। ইনডাষ্ট্রিতে বিভিন্ন যন্ত্রপাতিতে কি পরিমাণ নয়েজ সৃষ্টি হওয়া স্বাভাবিক তার একটি চার্ট নিম্নে দেয়া হলোঃ

ছক নং—২৪ ইন্ডাস্ট্রির শব্দ বা নয়েজ লেবেল।

	dB
যে পরিমাণ শব্দে বা নয়েজে কানে ব্যাথা হয়	১৪০
জোল্ট বা পাইল হ্যামার	১৩০
নিউমেটিক চিপার (Pneumatic chipper)	১২০
পাঞ্চ প্রেস (punch press), ভেকুয়াম পাম্প	১১০
গিয়ার ড্রাইভ (Gear drive)	১০০
টারবাইন, ভারী গ্রাইন্ডার, ডিজেল ইঞ্জিন	৯০
প্রিন্টিং প্রেস (printing press)	৮০
মেসিন শপ (Machine shop)	৭০
টাইপিং পুল (Typing pool)	৬০
ড্রাফ্‌টিং রুম, প্রাইভেট অফিস ইত্যাদী	৫০
	৪০
অন্যান্য	৩০
	২০
	১০
যে পরিমান শব্দ কানে শুনা যায় না	০

ইনডাষ্ট্রিতে নয়েজ কন্ট্রোল (Noise control) করা প্রয়োজন আছে। বিশেষ করে যে সব যন্ত্রে নয়েজের মাত্রা বেশী সেগুলিকে আলাদাভাবে এন্টি নয়েজ ক্লেডিং (Anti noise clading) দিয়ে ঘেরাও করে দেয়া হয়। ফেল্ট, পুটি, ডাষ্ট, সাইলেন্সার, সাউন্ড প্রুফ ওয়াল ইত্যাদি দ্বারা যন্ত্র বা মেসিন ঘরের নয়েজ আয়ত্বে রাখা যায়। বাইব্রেসন এনালাইজারের মত সাউন্ড এনালাইজার দ্বারা নয়েজকে বিশ্লেষন করা যায় এবং নয়েজের ফ্রিকুয়েন্সী কত জানা যায়। I.R.D Mechanalysis পদ্ধতিতে বাইব্রেসন এনালাইজারের সাথে সাউন্ড এনালাইজারও ব্যবহার করা হয় যাহার সাথে ষ্ট্রোব লাইট (Strobe light) সংযুক্ত থাকে। ষ্ট্রোব লাইটকে নয়েজের বিভিন্ন ফ্রিকুয়েন্সীতে টিউন করা যায়

সেই অনুসারে যন্ত্রের বিভিন্ন অংশকে স্ক্যান করা সম্ভব। স্ক্যান করার সময় নয়েজ ফ্রিকুয়েন্সী অনুসারে যে অংশটি স্থির দেখাবে উহাই নয়েজ উৎপত্তির কারন বলে সনাক্ত করা যায়। ধরা যাক একটি গিয়ার ট্রান্সমিশনে কম্পন হচ্ছে এবং সে কারণে নয়েজ বেড়ে গেছে। বিভিন্ন গিয়ার এবং তার ঘুর্ণন গতিও ভিন্ন; ফলে কোন গিয়ারটির দোষে কম্পন হচ্ছে বুঝা কঠিন হয়ে পড়ে। তখন ঐ নয়েজের ফ্রিকুয়েন্সী কত বের করে নিয়ে সেই মতে ষ্ট্রোব লাইটকে মিলেয়ে নেয়া হয় এবং উক্ত লাইট গিয়ার ট্রান্সমিসনে ধরা হয়, তাহলে যে গিয়ারটির কারণে নয়েজ হচ্ছে তাহা স্থির অবস্থায় আছে মনে হবে এমন কি কোন দাঁত ভাঙ্গা বা অন্য বড় ত্রুটি থাকলে তাহাও দেখা যাবে।

ধরা যাক ত্রুটিযুক্ত গিয়ারটির গতি ১৫০০ r.p.m । ইহার কারণে যে নয়েজ হবে তার ফ্রিকুয়েন্সী ১৫০০ c.p.m অথবা এর গুণিতক হওয়াই স্বাভাবিক। সাউন্ড এনালাইজারের মাধ্যমে নয়েজ ফ্রিকুয়েন্সীকে বিশ্লেষণ করে উৎপত্তিস্থানের মূল ফ্রিকুয়েন্সী যে ১৫০০ c.p.m তাহা বের করা সহজ । সেই অনুসারে ষ্ট্রোব লাইট টিউন করলে তাহা প্রতি মিনিটে ১৫০০ বার গিয়ার সমূহের উপর আলোকপাত করবে।

ত্রুটিযুক্ত গিয়ারটিও যেহেতু প্রতি মিনিটে ১৫০০ বার আবর্তন করে ফলে ইহাকে স্থির বলে মনে হবে। স্ক্যানিং'এর সময় এই বিশ্লেষণ এবং সে অনুপাতে বিভিন্ন ফ্রিকুয়েন্সীতে ষ্ট্রোব লাইটের আলোকপাত অটোমেটিক প্রক্রিয়ায় হয়ে থাকে।

আবার কখনো এমন হয় যে যন্ত্রে কম্পনের মাত্রা তেমন বাড়ে নাই কিন্তু যন্ত্রে নয়েজ যথেষ্ট বেড়ে গেছে। যন্ত্র বন্ধ করে খুঁজে সঠিক কারণ পাওয়া যাচ্ছে না। সেক্ষেত্রে সাউন্ড এনালাইজার বিশেষ ফলদায়ক। যেমন একটি যন্ত্রে এরূপ নয়েজ সৃষ্টি হওয়ায় এনালাইজ করে দেখা গেল ঐ নয়েজের ফ্রিকুয়েন্সী ৬,০০০ c.p.m। অতপর ষ্ট্রোব লাইটকে ঐ ফ্রিকুয়েন্সী অনুসারে টিউন করে যন্ত্রাংশগুলিকে স্ক্যান করার সময় বেল্ট ড্রাইভকে স্থির দেখাচ্ছে। বেল্টে বড় রকমের কোন দোষ চোখে ধরা পড়ে নাই। বেল্ট বদলিয়ে দেয়ায় নয়েজ কমে যায়। পরে বুঝা গেছে যে ঐ বেল্টে ড্রেসিং মেটিরিয়াল দেয়া প্রয়োজন ছিল। কোন

বোয়ার ফেন, ভেকুয়াম পাম্প ইত্যাদি যন্ত্রের সাকসান লাইনে চোক হলে নয়েজ মাত্রা বেড়ে যায়। এনালাইজার দ্বারা সহজে সেই ত্রুটি সনাক্ত করা যায়। এমনি ভাবে কম্পন বিশ্লেষনের সাথে নয়েজ বিশ্লেষন দ্বারা যন্ত্রের ত্রুটি নির্ণয় সহজ হয়।

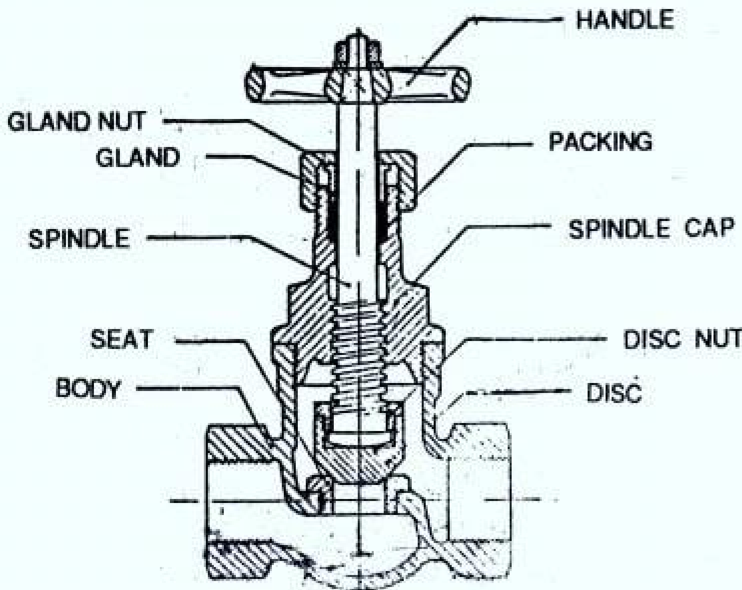
দশম অধ্যায়

ভাল্ব

(VALVE)

ভাল্ব (Valve) কোন তরল অথবা বায়ুবীয় পদার্থের প্রবাহকে (flow) নিয়ন্ত্রণ করে। ভাল্ব সম্পূর্ণ খুলে দিলে পূর্ণতায় পদার্থ প্রবাহিত হয় এবং বন্ধ করলে প্রবাহ বন্ধ হয়। আংশিকভাবে খুলে প্রবাহকে প্রয়োজন মাফিক নিয়ন্ত্রন করা হয়। বিভিন্ন ক্ষেত্রে নানাভাবে ভাল্ব ব্যবহার করা হয়। পাইপ লাইনে এর ব্যবহার ব্যাপক এবং গুরুত্বপূর্ন।

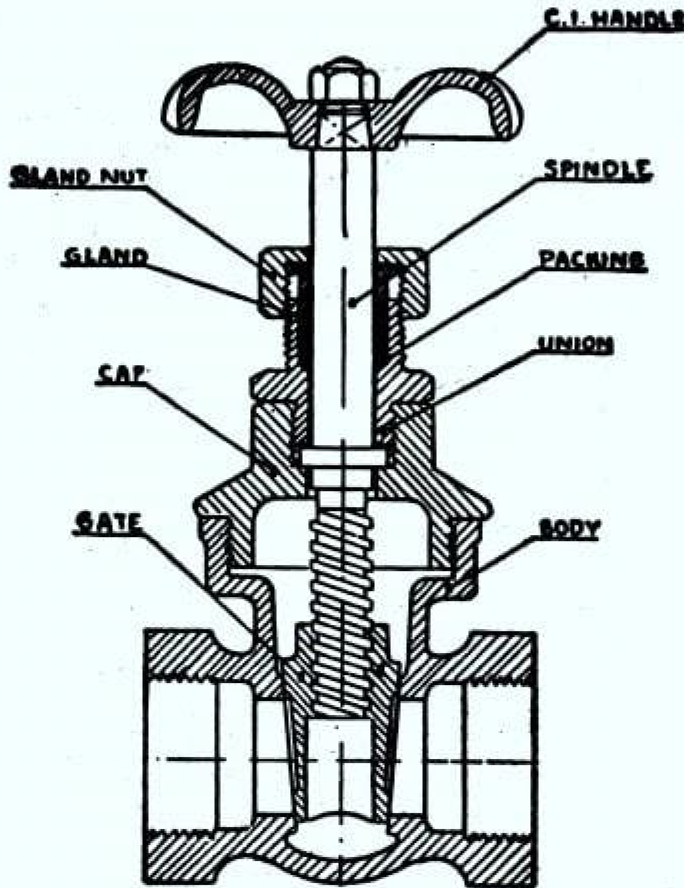
একটি সাধারন ভাল্বের অংশগুলি হচ্ছে স্টেম বা দন্ড (stem), গ্ল্যান্ড (Gland), গ্ল্যান্ড পেকিং (Gland packing), সিট (seat), সিট চক্র (Seat disc), বডি (body), ইয়ক (yoke), হাত চক্র (hand wheel), চিত্র সহকারে অংশগুলি নিম্নে দেখান হলঃ



চিত্র নং—৬২, স্টীম লাইন গ্লোব ভাল্ব ও ইহার যন্ত্রাংশ।

ভাল্ব বহু রকমের হয়ে থাকে। প্রয়োজন এবং প্রয়োগক্ষেত্র অনুসারে বিভিন্ন রকমের হয়। একটি পাইপ লাইনে ভাল্ব ব্যবহার করার আগে সেই লাইনের চাপ (Pressure), তাপ (Temperature), প্রবাহিত পদার্থের প্রকার ও পরিমান এবং ব্যবহারের ধরন বিচার করে দেখা হয়। অসংখ্য প্রকারভেদের মধ্যে যেগুলি সাধারনতঃ পাইপ লাইনে ব্যবহার হয়ে থাকে সেই সব ভাল্বের সংক্ষেপ বর্ননা দেয়া হল।

গেইট ভাল্ব (Gate valve)ঃ– গেইট ভাল্বের খাড়া একটি গেইট বা চাকতি লম্বালম্বিভাবে প্রবাহকে বন্ধ করে এবং উভয় পার্শ্বে সিটের উপর বসে থাকে। আবার এই চাকতি দন্ডের (Stem) দ্বারা উপরে তুলে নিলে পদার্থ সরল লাইনে প্রবাহিত হতে থাকে। নীচে একটি গেইট ভাল্বের (Gate valve) চিত্র দেয়া হলঃ



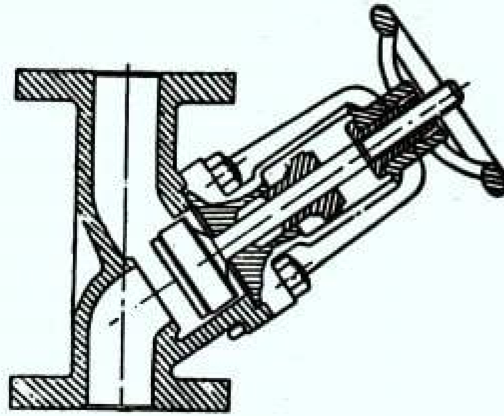
চিত্র নং–৬৩, গেইট ভাল্ব ও ইহার যন্ত্রাংশ।

যে সব লাইনে ভাল্ব বেশী খোলা বন্ধের দরকার হয়না বা দীর্ঘ সময়ের জন্য খোলা বা বন্ধ অবস্থায় থাকে সেখানে গেইট ভাল্ব ব্যবহার সুবিধাজনক। বেশী চাপের বা তাপের পদার্থ প্রবাহে গেইট ভাল্বের ব্যবহার কম। যেখানে প্রবাহের নিয়ন্ত্রন দরকার বা ভাল্ব আংশিক বন্ধ করে রাখার দরকার হবে সেখানে গেইট ভাল্ব বর্জন করা বাঞ্ছনীয়। কেননা, আংশিক বন্ধ বা খোলা অবস্থায় থাকলে প্রবাহিত পদার্থের গতিতে চাকতিটি কাপে, সিটে আঘাতপ্রাপ্ত হয়ে চেটারিং (chatering) শব্দ করে এবং এই ভাবে সিটকে নষ্ট করে দেয়। তাছাড়া এই অবস্থায় থাকলে চাকতিটি ক্ষয়ে যায়। কোন লাইন বন্ধ অবস্থায় থাকলে এবং সেই লাইনের চাপ বেশী হলে চাকতিটি এক সিটে সাপটে লেগে থাকতে চায় এবং এই অবস্থায় খোলা কষ্টকর হয়ে পড়ে।

গ্লোব ভাল্ব (Globe Valve) :– গ্লোব ভাল্বের মধ্যে দিয়ে প্রবাহের সময় দিক পরিবর্তন হয় এবং ভাল্ব চাকতির (Disc) নীচ দিক থেকে প্রবাহ চাপ সৃষ্টি করে। ৬৬নং চিত্রটি একটি গ্লোব ভাল্বের। এখানে প্রবেশ পথ দিয়ে পদার্থ এসে দিক পরিবর্তন করে এবং উপরের দিকে উঠতে থাকে। এই খাড়া পথে গ্লোব ভাল্বের সিট ও চাকতি অবস্থান করে। বন্ধ অবস্থায় দন্ড চাপের সাহায্যে চাকতিটি সুন্দরভাবে সিটের উপর বসে থাকে এবং খোলার সময় নীচের প্রবাহ চাপের সহায়তার খোলা সহজতর হয়। ভাল্ব খোলে গেলে চাকতির চতুর্দিকে যেহেতু চাপ সমান হয়ে যায় ফলে খোলা বন্ধ করা সহজ হয়। আংশিক খোলা বন্ধ অবস্থায় চাকতি কাপে না। এই ভাল্ব দ্বারা প্রবাহ নিয়ন্ত্রন করা অর্থাৎ প্রবাহিত পদার্থের পরিমাণ বাড়ান কমান এবং চাপের অধগতি (Pressure reduce) করা সহজতর। এইজন্য গ্লোব ভাল্ব সব ধরনের কাজে অধিক পরিমাণে ব্যবহার হয়ে থাকে। ব্যবহার ক্ষেত্র অনুসারে গ্লোব ভাল্ব নানা ধরনের এবং ডিজাইনের হয়ে থাকে। ভাল্বের সংযোজন প্রান্তও (Flange end) ভিন্ন রকমের হতে পারে। যেমন প্যাচ কাটা (Threaded), ফ্লাঞ্জ (Flange) জাতীয় অথবা ওয়েল্ডেড (Welded)। আবার ভাল্ব স্টেম ও হুইলের উঠা নামার মধ্যেও প্রকারভেদ হতে পারে। যেমন হুইল ইউকের (Yoke) উপর অবস্থান করে ঘুরবে এবং পাকের মাধ্যমে উপরে উঠতে থাকবে,অন্যক্ষেত্রে হুইল স্টেম সহ উপরে উঠে আসবে, সাথে সাথে ভাল্বের ভিতরের চাকতিও উপরে এসে ভাল্বকে খোলে দিবে। এইসব ক্ষেত্রে ভাল্বের দন্ডের অবস্থান দেখে ভাল্বের ভিতরের খোলা বন্ধের

অবস্থান বুঝা যায়। এমন ডিজাইনের ভাল্বও আছে যার হুইল ঘুরালে দন্ড উপরে উঠে আসে না কিন্তু ভিতরের চাকতি উঠানামা করে। ভাল্বের দন্ডের উঠানামা বা সংযোজন প্রান্তের পার্থক্য গেইট ভাল্ব বা অন্যান্য ভাল্বের বেলাও হতে পারে।

গ্লোব ভাল্বের প্রবাহের দিক পরিবর্তন যে একই রকম হবে এমন নহে। ভাল্ব ডিজাইন অনুসারে রকমফের হতে পারে। যেমন নিম্নের চিত্রে দেখান হয়েছে। গ্লোব ভাল্বের চাকতির বা ডিসকের ডিজাইনের উপরও ভাল্বের প্রকারভেদ ঘটতে পারে।

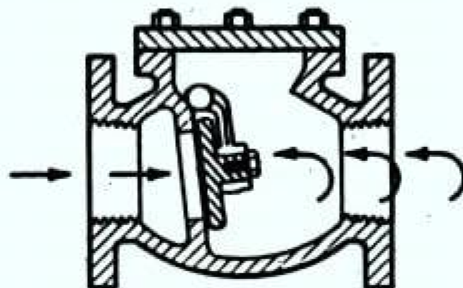


চিত্র নং–৬৪, কৌনিক গ্লোব ভাল্ব।

কক ভাল্ব (Cock valve)ঃ– ইহা সাধারণ প্রকৃতির ভাল্ব। দন্ডের এক প্রান্তে একটি হাতল (Handle) থাকে, অন্য প্রান্তে ভাল্ব চাকতি (conical plug) থাকে এবং উহাতে একদিকে সরাসরি ছিদ্র করা থাকে। এই প্লাগটি সিটের গর্তে কোনাকোনি ভাবে প্রবেশ করে এবং গায়ে মিশে থাকে। হাতল ঘুরিয়ে ছিদ্রটি প্রবাহের বরাবর করে দিলে পদার্থ প্রবাহিত হতে থাকে এবং হাতল ঘুরিয়ে লম্বালম্বি দিকে নিলে প্রবাহ বন্ধ হয়ে যায়। এই প্রকারের বড় ভাল্বকে পোর্ট ভাল্বে (Port Valve) বলা হয়ে থাকে। বড় আকারের পোর্ট ভাল্বে প্রকারভেদ হতে পারে। বিশেষ বিশেষ ক্ষেত্র ছাড়া এই জাতীয় ভাল্বের ব্যবহার অপ্রতুল।

নন–রিটার্ন ভাল্ব (Non return valve) ঃ– এই ধরনের ভাল্ব প্রবাহকে একই দিকে প্রবাহিত হতে দেয়। উল্টা দিকে প্রবাহের গতি বা চাপ পরিবর্তনের সাথে সাথে ভাল্ব বন্ধ হয়ে যায়। এই ধরনের ভাল্বের অপর নাম চেক ভাল্ব। চিত্রে এর কার্য্যকারিতা দেখান হল। প্রবাহের গতি ভাল্বকে খোলা রাখে এবং গতি পরিবর্তনের সাথে সাথে চাকতির ওজন তথা মাধ্যাকর্ষণ শক্তি দ্বারা ভাল্ব আপনা আপনি বন্ধ হয়ে যায়। ভাল্বের চাকতির অবস্থান সাধারণতঃ দুই প্রকারের হয়। সুইংগিং এবং লিফটিং টাইপ (swinging and lifting type)।

কোন কোন চেক ভাল্বের কার্য্য পদ্ধতি ত্বরান্বিত করার জন্য চাকতির সাথে স্প্রিং বা ভারসাম্য ওজন ব্যবহার করা হয়ে থাকে। সাধারণ প্রকৃতির চেক ভাল্বের একটি নমুনা নীচে দেখান হলঃ



চিত্র নং ৬৫, চেক ভাল্ব।

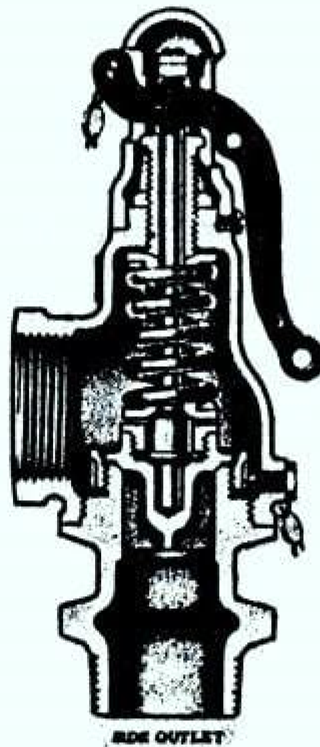
বাটারফ্লাই ভাল্ব (Butterfly Valve) **ঃ–** বাটারফ্লাই ভাল্ব সাধারণতঃ বড় ব্যাসের এবং নিম্ন চাপের পাইপ লাইনে ব্যবহার হয়ে থাকে। ভাল্ব চাকতির মধ্য বরাবর ভাল্বের দন্ডটি থাকে। দন্ডটি ৯০° আবর্তন করলে ভাল্ব খোলে এবং বিপরীত আবর্তনে ভাল্ব বন্ধ হয়। ভাল্বের দন্ডটি গিয়ার ম্যাকানিজমের মাধ্যমে হুইলের সাথে সংযুক্ত থাকে। কোন কোন ক্ষেত্রে মটর বা হাইড্রোলিক সার্ভোমটর দ্বারা ভাল্ব খোলা–বন্ধ করা হয়ে থাকে।

নিডল ভাল্ব (Needle Valve) ঃ– নিডল ভাল্ব ছোট আকারের হয়। ভাল্ব দন্ডের ভিতরের অংশ অনেকটা সূচের আকারের মত লম্বা এবং মাথা কৌণিক আকারের হয়ে থাকে। সূক্ষ্ম নিয়ন্ত্রণ বা অল্প পরিমাণ প্রবাহ সঠিক রাখার ক্ষেত্রে ইহা বেশী কাজে লাগে।

রিলিফ ভাল্ব বা সেফটি ভাল্ব (Relief or safety valve):– রিলিফ ভাল্ব বা সেফটি ভাল্বের কার্য্য পদ্ধতি একই কিন্তু প্রয়োগ ক্ষেত্র অনুসারে নাম ভিন্ন। এই ভাল্বের কাজ হল কোন আধার (Vessel) বা পাইপ লাইনে প্রয়োজনের অতিরিক্ত চাপ বেড়ে গেলে ভাল্বটি অটোমেটিক সম্পূর্ণ খুলে যাবে এবং চাপ কমে মাত্রার মধ্যে এলে অটোমেটিক পূর্ণ বন্ধ হয়ে যাবে। উদাহরণস্বরূপ বলা যায় যে একটি বয়লার বা একটি স্টীম লাইন ৮০০ Psi চাপ সহ চলা উচিৎ। এর চাপ অসাবধানতা বা অন্য কারনে ৮৫০ Psi পর্যন্ত বাড়তে দেয়া যেতে পারে, যদি এর বেশী হয়ে যায় তৎক্ষণাৎ সংযোজিত ভাল্বটি খুলে যাবে এবং স্টীম আকাশে নির্গত হতে থাকবে এবং বয়লারের বা লাইনের চাপ ৮০০ Psi হলে পুনরায় ভাল্বটি বন্ধ হয়ে যাবে। অর্থাৎ ৮৫০ Psi এর সেফটি প্রেসার। এই ক্ষেত্রে এই ভাল্বটিকে সেফটি ভাল্ব বলা হয়। কেননা এই ভাল্ব কার্য্যে ব্যর্থ হলে বয়লার ফেটে স্টীম ছড়িয়ে পড়তে পারে এবং জানমালের ক্ষতি করতে পারে। আরেক উদাহরন দিয়ে বলা যায় যে একটি বাতাসের লাইনে অথবা পানির লাইনে ৪০ Psi চাপ সর্বদা রাখা দরকার। যদি এই লাইনের চাপ সামান্য বেড়ে যায় তখন উল্লেখিত ভাল্বটি খুলে গিয়ে চাপকে সীমার মধ্যে নিয়ে আসবে এবং চাপ সঠিক রাখবে।

এইক্ষেত্রে ভাল্বটিকে রিলিফ ভাল্ব বলা হয়ে থাকে। এখানে ভাল্বের দন্ডের গায়ে স্প্রিং লাগান আছে যাহা কম্প্রেসন শক্তি দ্বারা ভাল্বের সিট বন্ধ করে রাখে। যখন ভাল্বের সিটের নীচের উর্ধচাপ স্প্রিং'এর নিম্ন চাপের চেয়ে অধিক হবে তখনই ভাল্বটি খুলে যাবে এবং চাপ কমে গেলে ভাল্ব বন্ধ হয়ে যাবে। কি পরিমান উর্ধ চাপে ভাল্বটি খুলবে তাহা স্প্রিং'এর উপর দেয়া নিম্ন চাপের উপর নির্ভর করবে। স্প্রিং'এর কম্প্রেসন বাড়িয়ে কমিয়ে এই চাপের পরিবর্তন করা যায়। স্প্রিং এর নিম্নচাপ সর্বদা লাইনের প্রয়োজনীয় চাপের চেয়ে সামান্য বেশী রাখা হয়। স্প্রিং এর সাথে দন্ডের উপরিভাগে একটি হাতল থাকে। ইহা দ্বারা মাঝে মাঝে ভাল্বের কার্য্য পরীক্ষা করা হয়। স্প্রিং'এর পরিবর্তে দন্ডের মাথায় ওজন চাপিয়ে অথবা লিবারের মাধ্যমে ওজন দিয়ে ভাল্বের সিটে চাপ সৃষ্টি করা যায়; তবে এই ধরনের রিলিফ বা সেফটি ভাল্বের ব্যবহার ইদানিংকালে কম।

পিঞ্চ ভাল্ব (Pinch valve) :– ইহা অত্যন্ত সহজ জাতীয় ভাল্ব। নরম রাবার ধরনের পাইপের গায়ে একটি ক্লাম্পের মতন ব্যবস্থা আছে। ভাল্বের হাতল ঘুরিয়ে পাইপের উপর চাপ দিয়ে আস্তে আস্তে পাইপটিকে সংকুচিত করা



চিত্র নং—৬৬, সেফ্‌টি ভাল্ব।

হয়। ফলে প্রবাহ নিয়ন্ত্রিত হতে থাকে। এই ভাল্বের একটি সুবিধা এই যে প্রবাহ পদার্থের মধ্যে কঠিন (Solid) পদার্থ বা গুড়াপদার্থ থাকা সত্ত্বেও ভাল্ব প্রবাহকে বন্ধ করে দিতে পারে। কোন কোন ক্যামিকাল বা ঐ জাতীয় প্রবাহের লাইনে এই ভাল্ব ব্যবহার হয়ে থাকে। পদার্থ প্রবাহের সাথে ভাল্বের ধাতব বডির কোন সংশ্রব না থাকায় পেকিং এর প্রয়োজন হয় না এবং মেইনটেনেন্স সমস্যা কম। অসুবিধা হল এই যে অধিক চাপ বা তাপযুক্ত লাইনে এর ব্যবহার সম্ভব নয়। ভাল্ব পূর্ন বন্ধ করার পরও লিক থেকে যাবার সম্ভাবনা থাকে। রাবার বা প্লাষ্টিক জাতীয় ফ্লেকজিবল (Flexible)পাইপটি দীর্ঘদিন টিকে না। এই পাইপকে মজবুত করার জন্য অন্যান্য পদার্থ যোগ করা হয় বা রাবার পাইপের পরিবর্তে শক্ত ডায়াফ্রাম (Diaphram) ব্যবহার করা হয়। কার্য্য প্রকৃতি একই সূত্রের উপর হলেও এর ধরন কিছুটা আলাদা বলে ইহাকে ডায়াফ্রাম ভাল্ব বলেঃ

ভাল্বের মেরামত (Maintenance of Valves)

ভাল্বের তিনটি অংশ সাধারনতঃ বেশী খারাপ হয়ে থাকে। অর্থাৎ সিট পেকিং ও ফ্লেঞ্জ গেসকেট। পেকিং অল্প পরিমাণ খারাপ হলে বা লুজ হয়ে গেলে ফোটায় ফোটায় লিক হতে থাকে। সেই ক্ষেত্রে গ্ল্যান্ড বোল্ট টাইট দিলে লিক বন্ধ হয়ে যায়। এতে কাজ না হলে উপরের অংশের ২/১ টা পেকিং রিং পরিবর্তন করে দেয়া উচিৎ। বেশী পরিমাণ লিক হলে পেকিং সম্পূর্ন পরিবর্তন করে দেয়াই বাঞ্ছনীয়। ফ্লেঞ্জের গেসকেটে অল্প লিক থাকলে বোল্ট টাইট দিলে কাজ হয়। ফ্লেঞ্জ দিয়ে বেশী পরিমাণের লিক হলে বুঝতে হবে যে গেসকেট খারাপ হয়ে গেছে অথবা ফ্লেঞ্জের গায়ে স্ক্রেচ (Scratch) পড়েছে। সেক্ষেত্রে ফ্লেঞ্জটি খুলে স্ক্রেচ উঠিয়ে দিতে হবে এবং গেসকেট পরিবর্তন করে দিতে হবে।

প্রায়ই দেখা যায় যে ভাল্ব পূর্ণ বন্ধ করা সত্বেও প্রবাহ সম্পূর্ণ বন্ধ হয় নাই বা সিটের মধ্য দিয়ে সামান্য পরিমাণ লিক হয়ে যাচ্ছে। সিট বা চাকতি অথবা উভয়টি খারাপ হয়ে গেলে এই রকম ঘটতে পারে। অথবা চাকতিটি কোন কারণে সিটের উপর সঠিক ভাবে না বসলে এমন হয়। পদার্থ প্রবাহের সময় কোন ময়লা বা ধাতু কণা সিট বা চাকতির উপর দাগ কেটে দিয়ে গেলে অথবা ভাল্ব বন্ধ করার সময় চাকতি ও সিটের মধ্যে কোন কঠিন পদার্থ আটকে গেলে সেই অবস্থায় ভাল্ব বন্ধ করার জন্য শক্তি প্রয়োগ করলে সিটের উপর স্থায়ী দাগ বসে যায়। পরবর্তী সময় ভাল্ব বন্ধ করলেও সেই স্থান দিয়ে প্রবাহ অব্যাহত থাকে। এই প্রকার ত্রুটি দেখা দিলে ভাল্বের সিট গ্রাইন্ডিং এবং লেপিং করা প্রয়োজন হয়। দাগ গভীর হলে মেসিনিং করে তাহা সিট থেকে উঠিয়ে দিতে হয় এবং পরে লেপিং করতে হয়।

গ্লোব ভাল্বের বেলায় এই গ্রাইন্ডিং কাজ কিছুটা সহজ। ভাল্ব গ্রাইন্ডিং করার জন্য ভাল্বটি খুলে ফেলতে হবে। সিট এবং চাকতিটি ভালভাবে পরিষ্কার করে নিতে হবে। এরপর সিটের উপরে গ্রাইন্ডিং পেস্টের (Grinding Paste) প্রলেপ লাগিয়ে দিতে হবে। চাকতি সহ দন্ডটি সোজা খাড়া করে সিটের উপর স্থাপন করতে হবে। দন্ডটি খাড়া বরাবর রাখার জন্য নানা আকারের ফিটিংস ব্যবহার করা হয়। অতঃপর হুইল লাগিয়ে চাকতিটি সিটের উপর সমানভাবে ঘুরাতে হয়। একটি ভাল্বের গ্রাইন্ডিং করতে দুই তিন ঘন্টা বা তারও বেশী সময় লাগতে পারে। বর্তমানে এই কাজ দ্রুত ও সহজে করার জন্য বহনযোগ্য গ্রাইন্ডিং মেসিন ব্যবহার হয়। মেসিনটি বৈদ্যুতিক মটর বা চাপযুক্ত বাতাসচালিত হয়।

এতে বিভিন্ন সাইজের গ্রাইন্ডিং ষ্টোন (Grinding stone) থাকে এবং ভাল্বের সাইজ অনুসারে মেসিনের দন্ডে ষ্টোন লাগিয়ে সিট গ্রাইন্ডিং করা হয়।

নিয়মিত ভাল্বে রুটিন মেইনটেনেন্স করলে দীর্ঘদিন ভালভাবে কাজ করে। প্রতি ছয় মাস অন্তর অন্তর ভাল্বের ষ্টেমের যে প্যাচ অংশটি বাইরে থাকে তা পরিষ্কার করে গ্রীজ লাগিয়ে দেয়া উচিৎ এবং ষ্টেমের ভিতরের অংশে কয়েক ফোটা লুব্রিকেটিং তৈল দেয়া ভাল।

মাঝে মাঝে গ্ল্যান্ড ও ফ্লেঞ্জ বোল্ট যথাযথ টাইট আছে কিনা পরীক্ষা করে দেখা দরকার। বৎসরে একবার ভাল্বটি এবং এর যন্ত্রাংশ খুলে পরিষ্কার করে দিতে হবে এবং সিট ও ডিসক্ সামান্য গ্রাইন্ডিং করে দেয়া ভাল। গ্লোব ভাল্ব বিশেষ করে উচ্চচাপের গ্লোব ভাল্বের চাকতির অপর দিকে আরেকটি সিট থাকে (back seat)। হাতল ঘুরিয়ে ভাল্ব সম্পূর্ন খুলে দিলে চাকতি বিপরীত সিটে গিয়ে বন্ধ হয়। এই অবস্থায় গ্লান্ড দিয়ে লিকের সম্ভাবনা থাকে না এবং পেকিং দীর্ঘদিন টিকে। ভাল্ব ব্যাকসিটে রেখে চালু অবস্থায়ও পেকিং পরিবর্তন সম্ভব।

অন্যান্য ভাল্বের সংরক্ষণও অনুরূপ, তবে গ্রাইন্ডিং' এর পদ্ধতি ভিন্ন রকমের হতে পারে। ভাল্বের সিটের অবস্থা অনুসারে আলাদা ফিকচার বানিয়ে অথবা গ্রাইন্ডিং ষ্টোন সুবিধাজনকভাবে ফিট করে গ্রাইন্ডিং করা হয়।

ভাল্ব ব্যবহারের সময় ষ্টেমে অধিক চাপ প্রয়োগ করা উচিৎ নয়। ভাল্ব প্রবাহকে পূর্ণ বন্ধ করছে না বিধায় অতিরিক্ত শক্তি প্রয়োগ করে বা বড় ভাল্বের হুইলে আলাদা রড লাগিয়ে জোরে বন্ধ করার চেষ্টা করা অনুচিৎ। এতে সিট নষ্ট হতে পারে এবং ষ্টেম বাঁকা হয়ে যেতে পারে। ভাল্বে কোন ত্রুটি থাকলে ইহা সারিয়ে নিয়ে ব্যবহার করা ভাল।

ভাল্ব নির্বাচন (Valve selection)

কোন লাইনে কি ধরনের ভাল্ব লাগাতে হবে সে সম্পর্কে আগে কিছু বলেছি। নিম্নের ছকে চার ধরনের ভাল্বের সুবিধা অসুবিধাগুলি সংক্ষেপে বলা হল। সেই অনুসারে ভাল্ব নির্বাচন করা যেতে পারে।

ছক নং–২৩, ভাল্ব নির্বাচন নির্দেশনা।

ভাল্বের প্রকার ValveType	সুবিধা Advantage	অসুবিধা Disadvantage	বাধা ধ্রুব Resistance constant per mm of disc
গ্লোব ভাল্ব	উত্তমভাবে প্রবাহ বন্ধ হয় এবং প্রবাহ ভালভাবে নিয়ন্ত্রণ করা যায়।	হেড লস বেশী	০·২–০·৪
গেইট ভাল্ব	সরল প্রবাহ	বন্ধ করতে সময় লাগে	০·০১–০·০২
প্লাগ, বল ও বাটারফ্লাই ভাল্ব	তাড়াতাড়ি প্রবাহ বন্ধ করা যায়। সরল প্রবাহ। সহজ অপারেসন।	ভালভাবে প্রবাহ বন্ধ হয় না। তাপের সীমাবদ্ধতা আছে।	০·০২–০·০৩
ডায়ফ্রাম ভাল্ব	গ্ল্যান্ড বিহীন, ময়লাযুক্ত প্রবাহকেও বন্ধ করতে পারে।	তাপ ও চাপের সীমাবদ্ধতা আছে ডায়াফ্রামের কারনে।	০·০৩–০·০৪

ভাল্বের ফ্লো কো–ইফিসিয়েন্ট (Flow Co-efficient) ব্যবহারের ক্ষেত্রে একটি বিবেচ্য বিষয়। অর্থাৎ ভাল্বের মধ্যে দিয়ে পানি প্রবাহের (গ্যালনের হিসাবে) প্রতি মিনিটের হার, যা এক পাউন্ড পরিমাণ শক্তিকে প্রতি স্কয়ার ইঞ্চিতে চাপ কমিয়ে দিবে। ইহাকে নিম্নের ফরমূলা দ্বারা সহজে প্রকাশ করা যায়।

$$Cv = \frac{Q\sqrt{G}}{\sqrt{\Delta P}}$$

Cv = co-efficient of flow

Q = gallons / min

G = Sp . gravity of fluid

ΔP = lb force / in ^{2}

একেক ভাল্বের Cv একেক রকম। ভাল্ব প্রস্তুতকারক নির্মিত ভাল্বের Cv কত তাহা উল্লেখ করে দেয়। সুতরাং কি ধরনের লাইনে কোন ফ্লো কো-ইফিসিয়েন্টের ভাল্ব যুৎসই হবে হিসাব করে ঠিক করতে হবে।

ভাল্ব নির্বাচনে তার প্রস্তুত পদার্থ কি তাহাও দেখতে হবে। অর্থাথ ব্যবহার ক্ষেত্র, তাপ ও চাপ অনুসারে সঠিক মেটিরিয়ালের ভাল্ব নির্বাচন করতে হবে।

ভাল্ব সাধারণতঃ স্টীল, ব্রোঞ্জ ও প্লাস্টিক মেটিরিয়ালের হয়ে থাকে। ইহাছাড়া অন্যান্য পদার্থ বা মিশ্র পদার্থের হতে পারে। ভাল্বটি কোন পদার্থের হবে তাহা ঐ লাইনের প্রবাহ, চাপ, তাপ, প্রবাহিত পদার্থের রকম এবং পাইপ লাইনে ব্যবহারিত পদার্থ ও ডিজাইনের উপর নির্ভর করে।

লোহা বা স্টিলের ভাল্ব তিন রকমের হয়। যথা- কাস্ট আয়রন, উচ্চ টেনসাইল স্টীল এবং নরম লোহা বা মেলিয়েবল স্টীল দ্বারা তৈরী। ঢালাই লোহা (Cast iron) দ্বারা ছোট খাট সাধারন কাজের ভাল্ব তৈরী হয়। উচ্চশক্তির স্টীল (High tensil steel) দ্বারা বড় আকারের ভাল্ব তৈরী হয় এবং ইহা উচ্চ চাপ ও তাপমাত্রার পাইপ লাইনে ব্যবহার করা যায়। নরম লোহার (Malleable iron) ভাল্ব প্যাচযুক্ত ফিটিংস এবং যেখানে ভাল্বের কুঞ্চন-বর্দ্ধনের কারণ থাকে এবং আঘাত (shock) প্রাপ্তির সম্ভাবনা থাকে সে লাইনে ব্যবহার হয়।

ব্রোঞ্জ ভাল্ব সাধারণ প্রকৃতির এবং আকারের হয়ে থাকে সব কাজে এবং যেখানে তাপমাত্রা ৪৫০°F এর বেশী সেইসব কাজে ব্যবহার করা হয়। ব্রোঞ্জের গ্রেড (grade) অনুসারে ৫৫০°F থেকে ৬০০°F তাপমাত্রা পর্যন্ত লাইনে ইহার ব্যবহার হয়।

উচ্চ চাপ এবং আপমাত্রা এবং বিশেষ প্রয়োগক্ষেত্রের পাইপ লাইনে কারবন এবং ক্রোম স্টীলের ভাল্ব ব্যবহার হয়। স্টীলের গ্রেড অনুসারে ১২০০ psi চাপ এবং ১৫০০°c পর্যন্ত তাপমাত্রার লাইনে এই ভাল্ব সহজে ব্যবহার করা যায়। আরো অধিক চাপ ও তাপমাত্রার লাইনে উচ্চ পর্যায়ের ক্রোম বা এলয় স্টীল ব্যবহৃতহয়।

প্লাস্টিক জাতীয় ভাল্ব সাধারণ তাপমাত্রার লাইনে ব্যবহার করা যায়। প্লাস্টিক ভাল্ব সস্তা বিধায় পানির লাইনে অধিক ব্যবহার করা হয়ে থাকে। প্লাষ্টিকের গ্রেড অনুসারে বিভিন্ন প্রকারের ক্যামিকেলের লাইনে এর ব্যবহার আছে।

একাদশ অধ্যায়

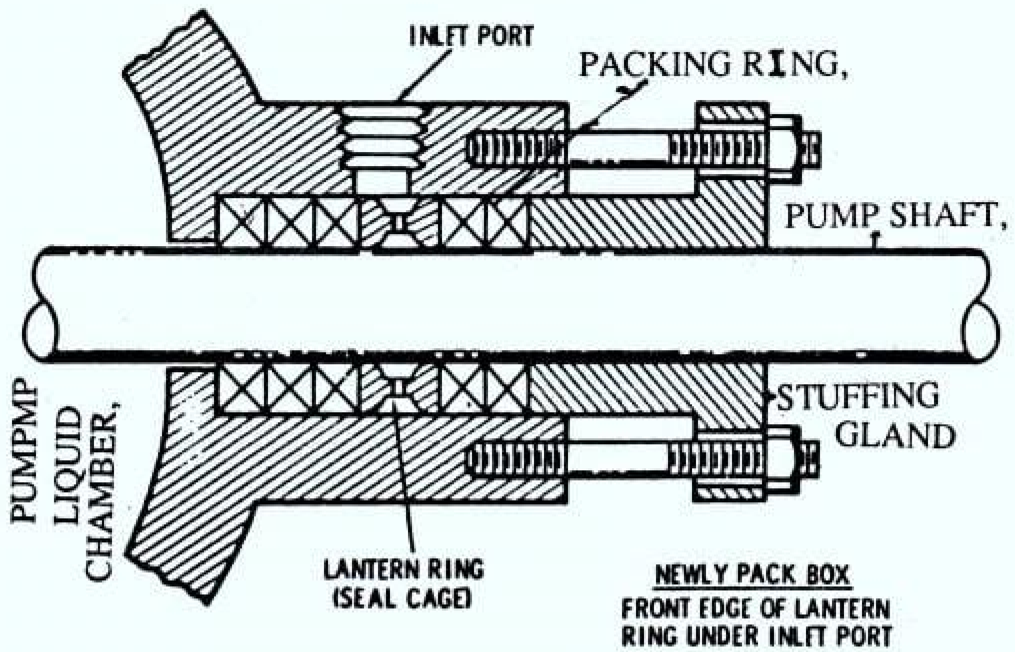
পেকিং, সিল ও গেসকেট
(PACKING, SEAL AND GASKET)

পেকিং, সিল এবং গেসকেট কোন যন্ত্র বা আধারের অন্তবর্তী তরল বা বায়বীয় পদার্থ ঐ যন্ত্র, যন্ত্রাংশ বা আধারের মুখ, হেড, জয়েন্ট, যন্ত্রাংশের মধ্যবর্তী ফাঁক (gap or clearance) দিয়ে নির্গত হতে বাধা দেয় বা বন্ধ করে। উদাহরণস্বরূপ বলা যায় যে ভাল্বের স্টেম ও বাল্ব বডির মধ্যবর্তী ফাঁক দিয়ে লাইনে প্রবাহিত পদার্থ বাহিরে নির্গত হতে চাইবে। আবার এই ফাঁকটিকে রাখাও দরকার, নতুবা ভাল্ব দন্ডটি উপরে উঠানামা করা যাবে না। সুতরাং এমন একটি পদ্ধতির আশ্রয় নেয়া দরকার যা দ্বারা বডি ও দন্ডের মধ্যে দিয়ে আসা প্রবাহিত পদার্থের পথ রোধ হবে এবং দন্ডটিও সহজে উঠানামা করতে পারবে। অর্থাৎ দন্ড ও বডির মধ্যবর্তী অংশ বা তার বর্দ্ধিত অংশের ফাঁকটুকু তৃতীয় একটি নমনীয় (flexible) বস্তু দ্বারা পূর্ন করে দেয়া যেন চারিদিকে চাপ দিয়ে লেগে থাকে। এই নমনীয় বস্তুটিই পেকিং (packing) ভাল্বের চিত্রে গ্ল্যান্ড পেকিং দেখান হয়েছে।

এই ভাবে পাম্প বডি ও ঘূর্ণয়মান সাফ্টের মধ্যবর্তী ফাঁকও পেকিং দিয়ে বন্ধ করা হয়।

পেকিং রিং আকারের হয় এবং প্রয়োগ ক্ষেত্র অনুসারে এক বা একাধিক ব্যবহার করা হয়ে থাকে। অর্থাৎ অন্তবর্তী প্রেসার বেশী হলে পেকিং এর সংখ্যাও বেশী হবে। পেকিং এর অবস্থানের জন্য যন্ত্রের যে অংশের ব্যবস্থা রাখা হয়েছে তাকে স্ট্যাফিং বকস বলে।

স্টাফিং বক্সে কি অবস্থায় পেকিং থাকে এবং কাজ করে তাহা উদাহরণ দিয়ে বুঝান গেল। পাশের পৃঃ চিত্রটি একটি পাম্পের স্টাফিং বক্সের। ইহার প্রধান অংশগুলি হচ্ছে পেকিং চেম্বার বা বক্স (packing chamber), স্টাফিং গ্ল্যান্ড (Stuffing gland), পেকিং রিংস (Packing rings), বোল্ট নাট (Bolt-nut), লনটন রিং (Lanternring)।



চিত্র নং—৬৭, পাম্পের স্টাফিং বক্স ও গ্ল্যান্ড পেকিং।

ষ্টাফিং বক্সের ভিতর একটার পর একটা পেকিং সাজানো অবস্থায় থাকে। গ্ল্যান্ড টাইট দিলে পেকিংগুলি গ্ল্যান্ডের মধ্যে সংকুচিত (Squeezing) হতে থাকে, ফলে সাফ্‌টের গায়ে বা সাফটের উপরের স্লিভের গায়ে এবং অপর দিকের ষ্টাফিং বক্‌সের গায়ে চাপ সহকারে লেপটে থাকে ও পেকিং একটি আরেকটির গায়ে কমপ্রেসড (compressed) অবস্থায় থাকে। এই কমপ্রেসড হওয়ার ফলে পেকিং আকার ও অবস্থান পরিবর্তন করে ষ্টাফিং এর চতুর্দিকে সাফট এবং বডির মধ্যবর্তী স্থান দখল করে রাখে। সাফ্‌ট ও বডির ঘর্ষণ এড়ানোর জন্য যে ফাঁক (clearance) রাখা হয়েছে সেই ফাঁকের মধ্যে দিয়া নির্গত পদার্থ এই পেকিং ঠেলে আসতে বাধা দেয়। পেকিং নরম এবং লুব্রিকেটেড বলে সাফট ঘুরতে কোন রূপ অসুবিধা হয় না। সাফ্‌ট স্লিভও সহজে নষ্ট হয় না। পেকিং ধীরে ধীরে ক্ষয় হতে থাকে। ফলে মাঝে মাঝে গ্লান্ড বোল্ট টাইট দিয়ে দিতে হয়। বেশী টাইট দেওয়া উচিৎ নয়। এমনভাবে টাইট দিতে হবে যাতে পেকিং এর মধ্যে দিয়ে সামান্য পরিমান লিক থাকে। এর ফলে পেকিং পানি দ্বারা লুব্রিকেটেড থাকে এবং ঘর্ষণজনিত তাপ বয়ে নিয়ে যায়।

পেকিং এবং সাফ্‌টের মধ্যে উৎপন্ন তাপের পরিমান যদি বেশী হয় অথবা আধারের অন্তবর্তী পদার্থ বাহিরে নির্গত হতে না দেয়া হয় অথবা বাহিরের পদার্থ

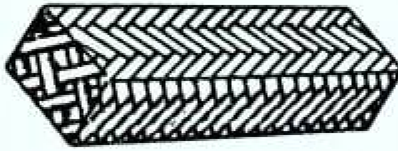
ভিতরে যেতে না দেয়া হয় তবে সে ক্ষেত্রে পেকিং এর মধ্যে আলাদা শীতল পানির প্রবাহ ব্যবহৃত হয় এবং ইহা ল্যান্টর্ন রিং' এর মাধ্যমে পেকিং এ পৌছে দেয়া হয়। যেমন বিদ্যুৎ কেন্দ্রের বয়লার ফিড পাম্প গরম পানি উচ্চ চাপে পাম্প করে বয়লারে পাঠায়। সুতরাং এই পাম্পের সাফ্‌ট এবং স্টাফিং বক্‌স এমনিতে গরম থাকে এবং পেকিং ও সাফটের তাপমাত্রা আরো বেড়ে যায়। দ্বিতীয়ত এই পাম্পের প্রবাহিত গরম ও বিশুদ্ধ পানি বাহিরে লিক করে নির্গত হতেও দেয়া যায় না। সুতরাং বাহির থেকে পাইপ লাইনের মাধ্যমে অল্প পরিমান ঠান্ডা পানির ধারা স্টাফিং বক্সের ল্যান্টর্ন রিং এর মধ্যে পৌছে দেয়া হয়। লনটন রিং থেকে সাফ্‌টের মাধ্যমে পানি প্রতিটি প্যাকিং এ পৌছে যায় এবং উদ্বৃত্ত পানি লিক করে বাহিরে নির্গত হয়ে যায়। এর ফলে এই পানি স্টাফিং বক্‌সে পানির আবরন দিয়ে পেকিং সম্পূর্ন সিল করে রাখে ও ভিতর থেকে গরম পানি আসতে বাধা দেয়;এবং স্টাফিং বক্‌স থেকে তাপ বয়ে নিয়ে গিয়ে একে ঠান্ডা রাখে। ল্যান্টর্ন রিং প্যাকিং'এর মাঝামাঝি অংশে থাকে। পেকিং টাইট দেয়ার সময় লক্ষ্য রাখতে হবে যে ল্যান্টর্ন পানির প্রবেশ পথ থেকে দূরে সরে না যায়। এই ধবনের ঝামেলা এড়ানোর জন্য বর্তমানে বিশেষ বিশেষ ক্ষেত্রে পেকিং এর পরিবর্তে ম্যাকানিকাল সিল (Mechanical seal) ব্যবহার হয়ে থাকে।

ভাল্বের গ্ল্যান্ড ও সাফ্‌ট স্থির অবস্থায় থাকে বলে কোন প্রকার ঝামেলা নাই। সাধারন পেকিংই চলে এবংল্যান্টর্ন রিং দেয়ার প্রয়োজন হয় না। এমন ভাবে বোল্ট টাইট দেয়া হয় যেন কোন লিক না থাকে কারণ এতে তাপ সৃষ্টির কারণ নাই।

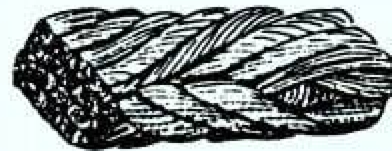
পেকিং পদার্থ, মেরামত ও ব্যবহার পদ্ধতি (Packing material, repair and use procedure)ঃ— পেকিং প্রধানতঃ বিভিন্ন প্রকারের জৈব আঁশ (fibre), চামড়া, এসবেসটস (asbestos), সূতা (cotton), সিনথেটিক পদার্থ (synthetic materials), প্লাষ্টিক, টেফলন, গ্রাফাইট (graphite) দিয়ে তৈরী হয়। ইহার গঠন প্রকৃতি সাধারনতঃ তিন প্রকারের হয়। পাকানো (Twisted), ব্রেইডেড (Braided), জমাট (Consolidated)।

পাকানো টাইপ পেকিং দেখতে অনেকটা রশির মত। কিন্তু এতে লুব্রিকেন্ট এবং গ্রাফাইট দেয়া থাকে। ইহা সাধারন কাজে ব্যবহার হয়ে থাকে। সাইজের

পার্থক্য হলে এর এক বা দুইটি নাল বা প্যাচ(Strand) খুলে ব্যবহার করা যেতে পারে। ব্রেইডেড (Braided) প্যাকিং এর নাল একাটার ভিতর দিয়ে আরেকটি পেচিয়ে তৈয়ার করা হয় এবং এই পাকানো পদ্ধতি কয়েক রকমের হতে পারে। নীচে দুটার ছবি দেয়া হলঃ



(a) Interlocked fibers



(b) Square braided fibers

চিত্র নং – ৬৮, পেকিংয়ের দু'টি নমুনা।

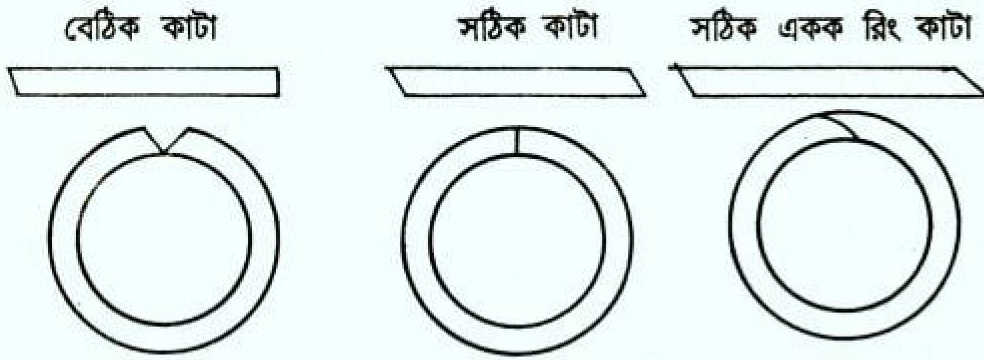
এই ধরনের পেকিং এর কার্য্যক্ষমতা বেশী। অধিক চাপ সম্পন্ন লাইনে ব্যবহার করার জন্য অনেক সময় এই পেকিং এর নালের সাথে তামার বা স্টীলের পাতলা তার ঢুকানো থাকে। এতে পেকিং এর ধারন শক্তি (with-standing power) বেড়ে যায়। উচ্চ চাপের লাইনের ভালবের গ্ল্যান্ডে এই ধরনের পেকিং অধিক ব্যবহৃত হয়।

উন্নত ধরনের এক প্রকার পেকিং হয় যা বিশেষ বিশেষ ক্ষেত্রে ব্যবহার হয়। এর গঠন প্রকৃতি ভিন্নতর। কারবন বা গ্রাফাইটকে ক্রিস্টালের মত জমিয়ে এই ধরনের পেকিং তৈরী হয়। অন্যান্য পেকিং পদার্থও এর সাথে মিশ্রিত হতে পারে। প্রয়োগক্ষেত্র অনুসারে প্লাষ্টিক, টেফলন, সিনথেটিক পদার্থ দিয়েও এইরূপ তৈরী করা যেতে পারে। অধিকাংশ সময়ে এই ধরনের পেকিং আলাদা আলাদা রিং আকারে তৈরী হয় এবং দেখতে অনেকটা ঢালাই রিং মনে হয়।

স্টাফিং বকসে পেকিং লাগানোর ভুল পদ্ধতির জন্য পেকিং তাড়াতাড়ি খারাপ হয়ে যায়। পেকিং ঠিকভাবে কাটতে না জানলে ব্যবহারে সমস্যা দেখা দেয়। অনেকেই পেকিং সোজাসুজি খাড়া মাথা রেখে কেটে ফেলে, যা রিং আকৃতির করার পর 'V' মত ফাঁক হয়ে থাকে। ৬৯ নং চিত্রে উহা দেখান হল।

দুইটি মাথা আড়াআড়ি ভাবে কাটলে আর এমন হয় না। একটি ষ্টাফিং বক্সে নিম্ন লিখিত পদ্ধতিতে পেকিং লাগানো উত্তমঃ

১। পুরাতন সব পেকিং বের করে ফেলুন এবং ষ্টাফিং বক্সটিকে ভালভাবে পরিষ্কার করুন।



চিত্র নং—৬৯, পেকিং'এর মিলন মুখ।

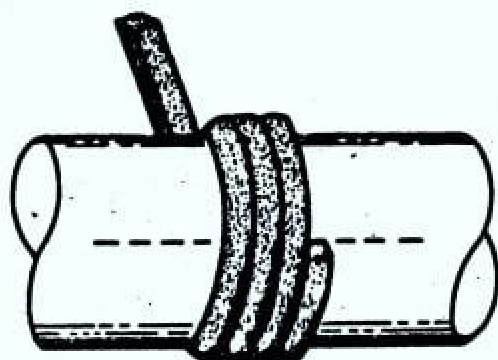
পেকিং বের করার জন্য ফ্লেক্সিবল হুক ব্যবহার করুন। পরীক্ষা করে দেখুন যে ভিতরের পাইপ অথবা অন্য কোন ছিদ্রের মুখ বন্ধ বা আটকে আছে কি না। সেই সব পথ খোলা রাখুন। দন্ড বা সাফটের গা ভালভাবে পরিষ্কার করুন।

২। সাফ্ট এবং ষ্টাফিং বক্সের মধ্যে যে গ্যাপ আছে তার মাপ অনুসারে পেকিং এর সাইজ বেছে নিন এবং ব্যবহার পরিবেশ অনুসারে অথবা আগে যে ধরনের (Type) পেকিং ছিল সেই অনুরূপ পেকিং ব্যবহার করুন।

৩। সাফ্ট বা দন্ডের ব্যাস অনুসারে একটি কাঠের দন্ড তৈরী করুন। অথবা সমান মাপের কোন পাইপ বা রড ব্যবহার করুন। পেকিং এই দন্ডের উপর পেছিয়ে নিন,প্রয়োজনীয় রিং এর সংখ্যা অনুসারে। এরপর ধারালো চাকু দিয়ে সোজা বা আড়াআড়িভাবে একটি একটি করে অথবা একত্রে পেকিং কেটে বের করুন। পরের পৃষ্ঠার ৭০ নং চিত্র দ্রষ্টব্য

৪। একটি পেকিং প্রথমে বকসের ভিতরে সঠিক ভাবে স্থাপন করুন। প্রথম পেকিং রিংটি ঠিকভাবে না বসলে ভাল সিলিং আশা করা যায়না। এর পর অন্য রিংগুলি একটি একটি করে বসিয়ে দিন। রিং নরম কাঠি অথবা গ্লান্ড

বুশ (Gland bush or follower) দিয়ে ঠেলে বসাবেন। একটি রিং'এর মুখ বা মাথা অন্যটি হতে ৯০°–১২০° দূরত্বে রাখবেন।



Example of cutiing packing

চিত্র নং—৭০, কয়েকটি পেকিং রিং একত্রে কাটার নমুনা।

৫। যেখানে ল্যান্টর্ন রিং আছে তার অবস্থান সঠিক স্থানে আছে কি না লক্ষ্য রাখুন।

৬। পেকিং বসানো হয়ে গেলে গ্ল্যান্ড বুশ ধীরে ধীরে টাইট দিন এবং একই সময়ে সাফ্‌টকে হাতে ঘুরাতে থাকুন। সাফট সহজভাবে ঘুরাতে অসুবিধা হলে মনে করতে হবে যে গ্ল্যান্ড আর টাইট দেয়া যাবে না। যদি প্রথম অবস্থায় গ্ল্যান্ড টাইট দিতে অসুবিধা দেখা দেয় তা হলে বুঝতে হবে পেকিং ঠিকভাবে বসে নাই। গ্ল্যান্ড বুশের এক–তৃতীয়াংশ বক্‌সের বাহিরে থাকা স্বাভাবিক।

৭। পেকিং বসানো হয়ে গেলে লাইন খুলে দিন ও তরল পদার্থ স্টাফিং বকস দিয়ে লিক করে কি না দেখুন। যদি পাম্পের গ্লান্ড হয় এবং লিক না করে তবে নাট আস্তে আস্তে লুজ করুন যেন প্রতি মিনিটে ১০/১৫ ফোটা পানি পড়ে এবং পাম্প চালিয়ে আস্তে আস্তে টাইট দিয়ে এমন অবস্থায় রাখুন যেন ৫–৮ ফোটা পানি বা তরল পদার্থ লিক করে পড়ে। ভাল্ব হলে স্বাভাবিক টাইটের পর যদি লিক না করে তবে ঠিক আছে ধরে নিতে হবে। যদি লিক করে তবে আরো টাইট দিতে হবে যতক্ষণ না লিক বন্ধ হয়ে যায়। যদি পাম্প হয় এবং ঘূর্ণন গতি ১৫০০ rpm এর বেশী হয় তবে লিকের পরিমাণ প্রতি মিনিটে ২০–৪০ ফোঁটা পর্যন্ত হতে পারে।

ভাল্বের পেকিং প্রাতি দুই বৎসরে একবার চেক করে দেখা দরকার। কোন ত্রুটি না থাকলে গ্ল্যান্ড আরেকটু টাইটও দেয়া যেতে পারে। সাধারনতঃ বাহিরের পেকিংটি শক্ত হয়ে যায়। সে ক্ষেত্রে প্রথম এক বা দুটি পেকিং রিং বদলিয়ে দেয়া যেতে পারে। যদি লিক থাকে তবে সবগুলি রিং বদল করাই উত্তম। পাম্পের পেকিং প্রতি বৎসর চেক করা উচিৎ। প্রথম ৩/৪ টি রিং বদলিয়ে দেয়া ভাল। ত্রুটি থাকলে পূর্ন পেকিং রিং বদলিয়ে দেয়া উত্তম। তাছাড়া প্রতি মাসে বা মাঝে মধ্যে গ্ল্যান্ডের অবস্থা দেখে সামান্য সামান্য করে টাইট দিয়ে দেয়া শ্রেয়।

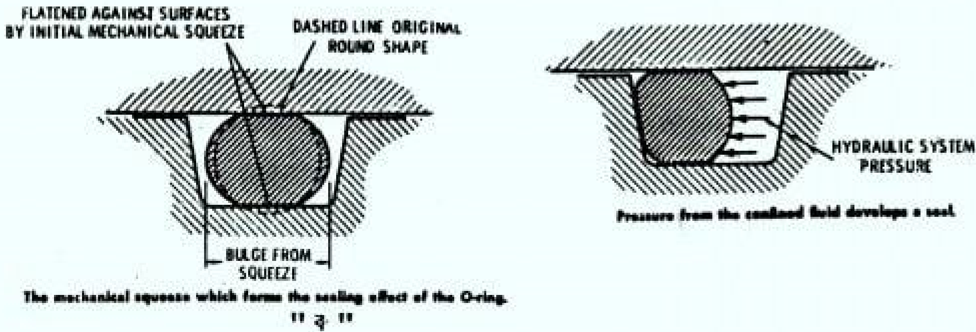
o–রিং (o-ring)

o–রিং একটি গোলাকার বৃত্তের পেকিং যা সিনথেটিক রাবার বা সমজাতীয় কোন পদার্থ দিয়ে তৈরী করা হয়। o–রিং এর আকৃতি (Shape) নানা রকম হতে পারে, তবে বেশীর ভাগ ক্ষেত্রে ব্যবহৃত রিং এর ক্রস–সেকসন (Cross-section) "o" মত বলে একে o–রিং (o-ring) নাম দেয়া হয়েছে। এর কার্য্য পদ্ধতিও খুব সহজ। সাধারনত o–রিং স্থির যন্ত্রাংশের সিল (seal) হিসাবে ব্যবহার হয়। তবে reciprocating motion, oscillating motion এবং কম চাপ ও কম গতি সম্পন্ন ঘুর্ণয়মান সাফট, রড ইত্যাদির সিল হিসাবেও ব্যবহার হয়ে থাকে।

হাইড্রোলিক ও নিউমিটিক ম্যাকানিজমে এই জাতীয় রিং এর ব্যবহার বেশী। বিভিন্ন সাইজের o–রিং এর কিছু নমুনা চিত্রে দেয়া হল।

o–রিং কে চাপ দিলে সংকুচিত হয় ও আকার পরিবর্তিত হয়। এই গুণের ফলে ইহা যন্ত্রাংশকে সিল করতে পারে। একটি সাধারন o–রিং কি ভাবে কাজ করে চিত্রে দেখান হল।

ক– চিত্রে যন্ত্রাংশের মধ্যে o–রিং যখন লাগান হল তখন টাইট দেয়ার সাথে সাথে ইহা চেপটা হয়ে দুই দিকে চাপ সহকারে লেগে গিয়ে সিল করে দিল। যদি কোন এক দিকে প্রবাহিত পদার্থের চাপ বেশী থাকে তাহলে ঐ চাপ ইহাকে ঠেলে নিয়ে অপর প্রান্তে সংকুচিত অবস্থায় রাখবে এবং সিলিং এরিয়া আরো বেড়ে যাবে যা খ– চিত্রে দেখান আছে। যদি এই দুইটি যন্ত্রাংশের যে কোন একটির সঞ্চালন (Movement) থাকে তবে ইহা গোলাকৃতির জন্য ও সংকুচিত হওয়ার ফলে উভয় দিকে স্থান পরিবর্তন করে সিল করে রাখবে। এর নিজস্ব চাপ কখনো আলগা হবে না।



The mechanical squeeze which forms the sealing effect of the O-ring.
" ক "

Pressure from the confined fluid develops a seal.

চিত্র নং—৭১, ক ও খ চিত্রে কার্য্যরত o রিং'এর অবস্থা।

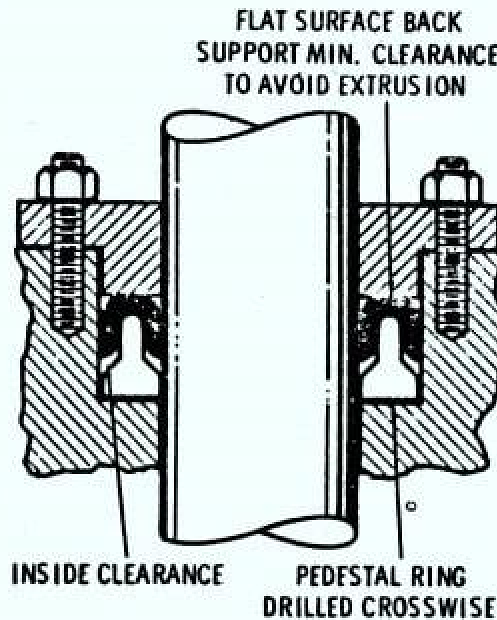
০–রিং যে গর্তের মধ্যে বসান থাকে তার আকৃতি আয়তক্ষেত্র, বর্গক্ষেত্র বা V ও U এর মত হতে পারে।তবে আয়তক্ষেত্রাকারটি বিশেষ উপযোগী। আয়তক্ষেত্রটি প্রশস্তে রিং এর ক্রমস সেকসন ব্যাসের দেড় গুন বা দু' গুন বড় হতে পারে যাতে ইহা চাপে সরতে পারে বা গড়াতে (roll) পারে, এর ফলে রিংটি চতুর্দিকে সমান ক্ষয় ও তৈলাক্ত হতে সাহায্য করে। সর্বক্ষেত্রে এমন হওয়ার প্রয়োজন নাই। গর্তের গভীরতা রিং এর ক্রস–সেকসন ব্যাসের চেয়ে সাধারনতঃ ১০% কম থাকে যাহাতে ০–রিং টি ১০% সংকুচিত হয়ে গর্তে বসে থাকে ও সিলিং এর কাজ সমাধা করে।

অনেক দিন ব্যবহারের ফলে ০–রিং তার নম্রতা হারায় ও বিকৃত হয়ে যায়। ফলে ঐ স্থান দিয়ে লিক করতে শুরু করে। ০–রিং এ ক্রটি দেখা দিলে বা নষ্ট হয়ে গেলে তা মেরামতের চেষ্টা না করে পরিবর্তন করা উচিৎ। কোন কারণে যন্ত্র খোলা হলে বা যন্ত্র সংরক্ষণের সময় এই সব রিং পরিবর্তন করে দেয়া শ্রেয়। সঠিক মাপের ০–রিং না থাকলে রাবার কর্ড থেকে কেটে রাবার সলিউসন দিয়ে জোড়ে ০–রিং তৈরী করা যায়।

সিল রিং বা লিপ সিল (seel ring or lip seal)-

এই জাতীয় রিং গ্ল্যান্ড পেকিং হতে আলাদা রকমের। এর উপর কোন চাপ সৃষ্টি করে রাখতে হয় না। প্রবাহের চাপ এই রিংকে সিটে বসিয়ে রাখে ও

সিল করে। এইসব পেকিংমোল্ডেড (moulded) হয়ে থাকে এবং আকার V,U, বা কাপের মত হয়। এগুলি হাইড্রলিক লাইন ও রেসিপ্রোকেটিং সিলিন্ডারে অধিক ব্যবহৃত হয়। এইসব সিল রিং বা লিপ সিলের মুখ খোলা থাকে এবং চাপ পড়া মাত্র ছড়িয়ে (expand) গিয়ে চারিদিকে সিল করে দেয় ও পিছনে বসার সিট বা মেটিং সারফেস (mating surface) লেপটে থাকে। নিম্নে চিত্র সহ একটি উদাহরন দেয়া হলঃ



চিত্র নং ৭২, U —টাইপ লিপ সিলের নমুনা।

উপরের চিত্রে U - টাইপ লিপ সিল দেখান হয়েছে। এই সিলের চতুর্দিকে ফাঁক (clearance) আছে।যখন এর ভিতর চাপ সহ পানি বা বাতাস ঢুকবে তখন U-এর দুই মাথা ছড়িয়ে দুই দিকে চাপ দিয়ে লেগে থাকবে। সে জন্য সিল রিং এর খোলা মুখ প্রবাহ বা চাপের দিক বরাবর থাকবে। পেকিং যাতে বাকা তেড়া না হয়ে যায় সে জন্য একটি পেডেস্টাল রিং (pedestal ring) দেয়া হয়েছে। পিছনের দিকে U-এর নিচের অংশ বসে থাকবে। দুই দিকে সিল করার জন্য এইরূপ রিং উভয় দিকে ব্যবহার করা যেতে পারে। কার্য্যক্ষেত্র ও পদ্ধতি অনুযায়ী এই লিপ সিলের আকার ও পদার্থের ভিন্নতা হয়ে থাকে। যেমন টিউব ওয়েলে পিসটনের মধ্যে কাপের মত চামড়ার সিল ব্যবহার হয়। আবার কোন সিলিন্ডারের শেষ মাথায় V- টাইপ পেকিং দ্বারা আবদ্ধ করা হয়। এই সব সিল রিং চামড়া

সিনথেটিক রাবার, টেফলন দ্বারা তৈরী হয়ে থাকে। অনেক লিপ সিলের ভিতর দিকে স্প্রিং বা স্প্রিং কয়েল থাকে। সাধারনতঃ ঘূর্ণয়মান সাফটের জন্য এই ধরনের সিল ব্যবহার হয়। স্প্রিং সিলের ভিতরের দিকের পর্দাকে ঘূর্ণয়মান সাফটের গায়ে সর্বদা সেটে ধরে রাখে। এই ধরনের সিলের গঠন U আকৃতিহতে কিছুটা ভিন্ন। এর ভিতরে স্প্রিং বসার জন্য সুবিধাজনক খাজ বা জায়গা থাকে। বেশী চাপ বা তাপের প্রবাহ অথবা অধিক ঘূর্ণয়মান যন্ত্রের জন্য লিপসিল প্রয়োগযোগ্য নয়।

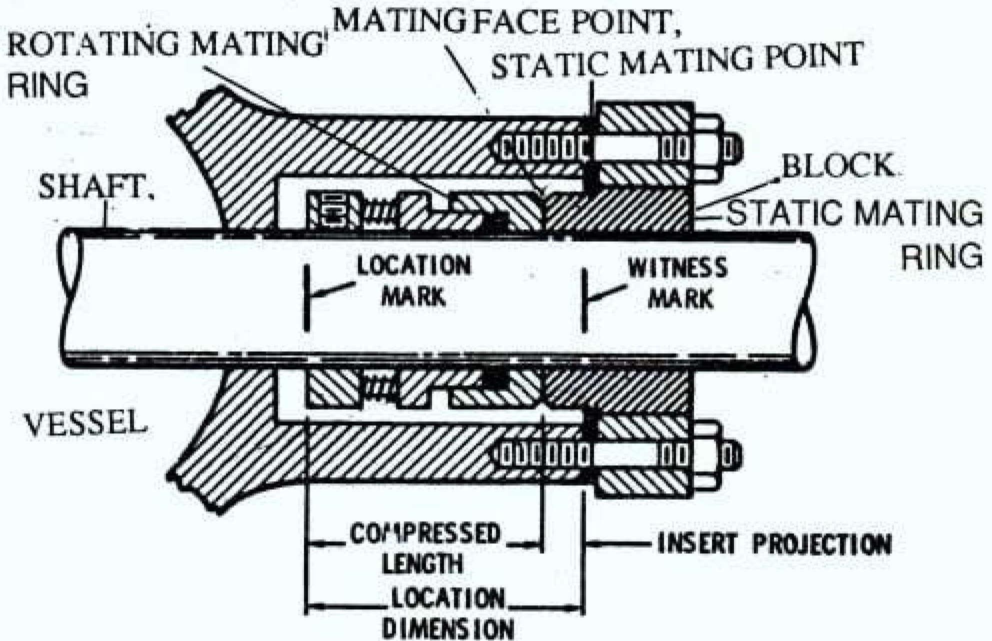
এই জাতীয় সিল নষ্ট বা খারাপ হলে পরিবর্তন করে দেয়া বাঞ্চনীয়। তবে কেন খারাপ হল এর কারণ খুঁজে দেখতে হবে। হয়ত এর ভিতর ময়লা বা ধারাল কণা ঢুকেছে অথবা অধিক চাপের সৃষ্টি হয়েছে বা সিল ঠিকমত বসান ছিল না ইত্যাদি। যদি দীর্ঘ দিন ব্যবহারে ক্ষয় হয়ে থাকে তবে কোন কথা নেই। অন্যথায় কারণ দূর না করলে আবারও তাড়াতাড়ি নষ্ট হয়ে যাবে । নূতন সিল বসাবার সময় এর খোলা মুখ প্রবাহ চাপের দিকে আছে কিনা লক্ষ্য রাখতে হবে। ভুল করে একে উল্টা লাগানোর সম্ভাবনা থাকে।

ম্যাকানিক্যাল সিল (Mechanical seal)

দীর্ঘকাল যাবৎ সিল রিং, ষ্টাফিং বক্স ও পেকিং দ্বারা ঘূর্নায়মান সাফটের সিল করার কার্য্য চলে আসছে। ০-রিং বা সিল রিং অধিক চাপ বা তাপের লাইনে ব্যবহারযোগ্য নয়। পেকিং সর্বত্র ব্যবহার করা চলে। কিন্তু পেকিং ব্যবহারের অসুবিধা হল যে এতে কিছু লিক রাখতে হয়, পেকিং নিয়মিত চেক করে গ্ল্যান্ড টাইট দিতে হয় এবং পেকিং দীর্ঘদিন যাবৎ ভাল কাজ করে না বিধায় পরিবর্তন করতে হয়। পেকিং সাফট বা সাফট স্লিভকে ক্ষয় করে ও দাগ (store) কাটে। এই সব সমস্যাগুলি উত্তরণের জন্য এক ধরনের সিল ব্যবহার হয় যার নাম মেক্যানিকাল সিল (Mechanical seal)। ইহা ঘূর্ণয়মান সাফটের সিল হিসাবে ব্যবহার হয়। এই সিলে মেটালের দুইটি এন্টিফ্রিকসন রিং (Antifriction ring) বা প্লেট ডিসক (plate disc) মুখে মুখে লেগে থাকে এবং সিল হিসাবে কাজ করে। একটি সাফ্টের সাথে ঘুরে অন্যটি হাউজিং এর সাথে স্থির থাকে। এই দুইটি প্লেটের মিলন প্রান্ত অত্যন্ত মসৃণ এবং এর মধ্যে দিয়ে লিক হয় না বললে চলে। তবে দুইটি প্লেটের গঠনজনতি তাপ ও ক্ষয়কে

রোধ করার জন্য ক্ষীণ পরিমান লুব্রিকেশন ধারা বা তৈলাক্ত পরিবেশ মিলন প্রান্তে রাখা হয়। এই ধরনের সিলের ব্যবহার এখনও ব্যাপক নয়। তবে বিশেষ বিশেষ প্রয়োগক্ষেত্রে ইহা গুরুত্বের সাথে ব্যবহার হচ্ছে। যেমন যেখানে গ্ল্যান্ডে বেশী লিক হতে দেয়া যায় না বা প্রবাহিত পদার্থ মূল্যবান কেমিক্যাল অথবা ভিতরের প্রবাহের তাপ ও চাপ বেশী, ইত্যাদি পরিবেশে মেক্যানিক্যাল সিলের কদর যথেষ্ট।

পরিবেশ এবং প্রয়োগ ক্ষেত্র বিশেষে অনেক রকমের এবং ডিজাইনের মেক্যানিকাল সিল হয়ে থাকে।তবে মূল কার্য্য নীতি একই অর্থাৎ একটি ঘূর্ণায়মান রিং ও একটি স্থির রিং এর মসৃণ মিলনের মাধ্যমে সিল হয়। একটি মডেল চিত্র সহকারে কার্য্য পদ্ধতি বুঝান গেল।



An example of a mechanical seal

চিত্র নং—৭৩, মেকানিক্যাল সিলের নমুনা।

যন্ত্রের ভিতর থেকে বেরিয়ে আসা সাফ্‌টের মাথা দেখান হল, এর চারিদিকে স্টাফিং বক্স হাউজিং এর মতন কেসিং (casing)। এই হাউজিং'এ পেকিং ব্যবহার না করে চালু অবস্থায় এর ভিতরের পদার্থকে বাহিরে নির্গত হতে বাধা দেয়ার জন্য ব্যবস্থা করা হয়েছে। সাফ্‌টের উপরে একটি স্লিভ রিং বসান আছে। ইহা সাফটের সাথে চাবি (Key) দ্বারা সংযুক্ত,এর কাছাকাছি আরেকটি 'L' টাইপ স্লিভ আছে যা একটি স্প্রিং ও রডের সাহায্যে প্রথম স্লিভ রিংটির

সাথে সংযুক্ত। অর্থাৎ এই স্লিভটি সাফটের উপর স্প্রিং এর চাপে সরতে পারে। স্লিভের উপর ঘূর্ণয়মান সিল প্লেটটি (Rotating mating ring) বসান আছে। ইহার শেষ প্রান্তটি অত্যন্ত মসৃণ, নীচে একটি o– রিং দেয়া হয়েছে যাহাতে সাফ্‌ট ও স্লিভের মধ্যে দিয়ে কোন কিছু লিক করে যেতে না পারে।

এখন হাউজিং এর মাথায় একটি ব্লকের এর নীচে স্থির সিল প্লেটটি (static mating ring) সংযুক্ত করে দেয়া হয়েছে। ব্লক ও সিল প্লেটকে হাউজিং এর সথে মাঝে একটি সিল রিং বা গেসকেট দিয়ে নাট–বোল্ট দ্বারা আবদ্ধ করা হয়েছে। লক্ষ্য করলে দেখা যাবে যে হাউজিং এর ভিতর থেকে তরল পদার্থ বাহির হয়ে আসার কোন পথ নেই। একমাত্র দুটি সিল প্লেটের মধ্যবর্তী স্থান দিয়ে প্রবাহিত হওয়ার সম্ভাবনা আছে যা তীর চিহ্ন দ্বারা দেখান হয়েছে। কিন্তু এই প্লেট (mating plate or ring) দুটি মুখে মুখে এমন ভাবে লেগে থাকে যে চালু অবস্থায় সাফ্‌টের সাথে ঘুর্ণয়মান প্লেটটি ঘুরতে থাকলেও স্প্রিং এর চাপের জন্য আলগা হতে পারে না। এবং এর শেষ প্রান্ত এত মসৃণ যে দুটির মুখ লেগে থাকা অবস্থায় পদার্থ লিক হতে পারে না। তবে অত্যন্ত সামান্য পরিমাণে এর মধ্য দিয়ে লিক হয় যা ঘর্ষণজনিত তাপকে বয়ে নিয়ে যায় এবং মুখদ্বয়কে লুব্রিকেটেড অবস্থায় রাখে। ইজন্য সামান্য পরিমাণে লিকের প্রয়োজনও আছে। যদি আধারের ভিতরে তরল পদার্থের তাপমাত্রা বেশী হয় বা পদার্থ কোন কেমিক্যাল হয় তাহা নির্গত হয়ে যাওয়া সংগত নয়, সেক্ষেত্রে আলাদা লাইন করে কোন লুব্রিকেন্ট বা পানি এর মধ্যে দেয়া হয়ে থাকে যা ছোট কোন ছিদ্র বা ড্রেইন লাইন দিয়ে বাহিরে চলে যায়। এইভাবেই একটি মেকানিকাল সিল কাজ করে থাকে। সিল প্লেট বা রিংদ্বয় সাধারনতঃ কারবন বা সিরামিক পদার্থের হয়ে থাকে যা ঘর্ষণে খুব কম তাপ উৎপাদন করে।

মেক্যানিকাল সিল ব্যবহার ও বসাবার (install) সময় নিম্ন লিখিত বিষয়গুলির দিকে লক্ষ্য রাখা প্রয়োজনঃ

১। সকল যন্ত্রাংশ পরিষ্কার থাকা চাই, কোন ধারাল অংশ বা কণা যেন না থাকে।

২। সকল যন্ত্রাংশ সঠিকভাবে সঠিক স্থানে থাকা চাই এবং ঘুরার সময় যেন বাধাপ্রাপ্ত না হয়।

৩। সাফ্‌ট ঘুরিয়ে দেখতে হবে যেন প্রান্ত খেল (end play) বা ক্লিয়ারেন্স ০·০০৫ ইঞ্চির বেশী না হয়।

৪। সিল প্লেটের মুখদ্বয় পরীক্ষা করে দেখতে হবে যেন এর মধ্যে কোন রকম কাটা দাগ বা আচর (seratch) না থাকে।

৫। কোন অবস্থায়ই ইহাকে শুষ্ক অবস্থায় চালান যাবে না। সিল রিংদ্বয় তরল পদার্থ বা লুব্রিকেন্ট দ্বারা পূর্ন থাকতে হবে।

৬। o–রিং, V - রিং ও গেসকেট ইত্যাদি ভাল আছে কিনা দেখে নেয়া উচিৎ।

৭। সিল প্লেটদ্বয় পরিমান মত চাপের মধ্যে থাকতে হবে। গ্ল্যান্ড নাট টাইট দিয়ে বা গেসকেট পরিবর্তন করে এই চাপকে কম–বেশী করা যায়। চালু অবস্থায় লিকের পরিমাণ দেখে ইহা ঠিক করা যায়। সংযোজনের সময় ভিতরে স্প্রিং এর চাপ নির্দেশমত রেখে একে সঠিক কর্মপোযোগী করা উচিৎ।

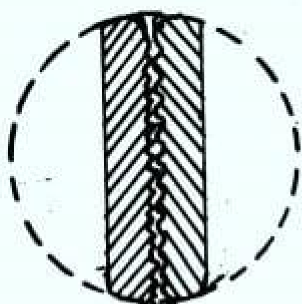
লেবরিনথ পেকিং (labrinth packing)

লেব্রিনথ্ পেকিং উচু নীচু করাতের মত দাত কাটা নরম ধাতুর অনেকগুলি রিংয়ের একটি সেট যা মিল হিসাবে কাজ করে। ইহা টারবাইন গ্ল্যান্ডে ব্যবহার হয়। উচ্চ চাপের স্টীম গ্ল্যান্ডের মধ্যে দিয়ে যাওয়ার সময় প্রতিটি দাঁতে বাধাপ্রাপ্ত হয়ে চাপ শক্তি হারাতে থাকে এবং শেষ দাঁতে প্রায় বায়ুমন্ডলের চাপের সমান হয়ে যায়। কোন কোন ক্ষেত্রে শেষ পর্যায় হতে স্টীম ভেকুয়াম ফেনের মাধ্যমে শুষে নেয়া হয়। আবার কোন ক্ষেত্রে বাহিরে থেকে পরিমান মত স্টীম সরবরাহ করে গ্ল্যান্ডকে সিল করা হয়।

গেসকেট (Gasket)

কোন তরল বা বায়ুবীয় পদার্থকে আবদ্ধ করে রেখেছে এমন দুইটি যন্ত্রের অংশ বা যন্ত্র সংযোজনের মধ্যবর্তী স্থান বা জোড়ায় সিল (seal) করার জন্য গেসকেট (gasket) ব্যবহার হয়। গেসকেট এমন হওয়া উচিৎ যেন পারিপার্শ্বিক চাপ ও তাপ ও অন্যান্য অবস্থার মধ্যে এর সিল করার ক্ষমতা ধরে রাখতে পারে। গেসকেটের ইলাস্টীক (Elastic) ও স্থিতিস্থাপক (resilience) গুন থাকে। কোন জয়েন্টের যে দুটি তল নাট বোল্ট বা ক্লেম্পের মাধ্যমে জোড়া লাগান

হয় তা মসৃণ করা থাকে। মসৃণ করা থাকা সত্ত্বেও তলের (surface of contact) মধ্যে সুক্ষ্ম অসমতা থেকে যায় যা খালি চোখে ধরা পড়ে না। যেমন একটি পাইপ লাইনের ফ্লেঞ্জে (flange) জোড়ার অংশটি মেশিন করা থাকে তবুও এর মধ্যে গেসকেট থাকে। যখন ভিতরকার তরল পদার্থের চাপ বেশী হয় তখন এই অসমতল ফাঁক দিয়ে তরল পদার্থ চুইয়ে পড়তে থাকে। এখন যদি স্থিতিস্থাপক গুনসম্পন্ন একটি নরম বস্তু তল দুইটির মধ্যে দিয়ে টাইট দেয়া হয় তখন উহা সুক্ষ্ম অসম খাজে (uneven interface pathway) বসে গিয়ে সিল করে ও ভিতরের তরল অথবা বায়ুবীয় পদার্থকে বাইরে আসতে দেয় না। একটি

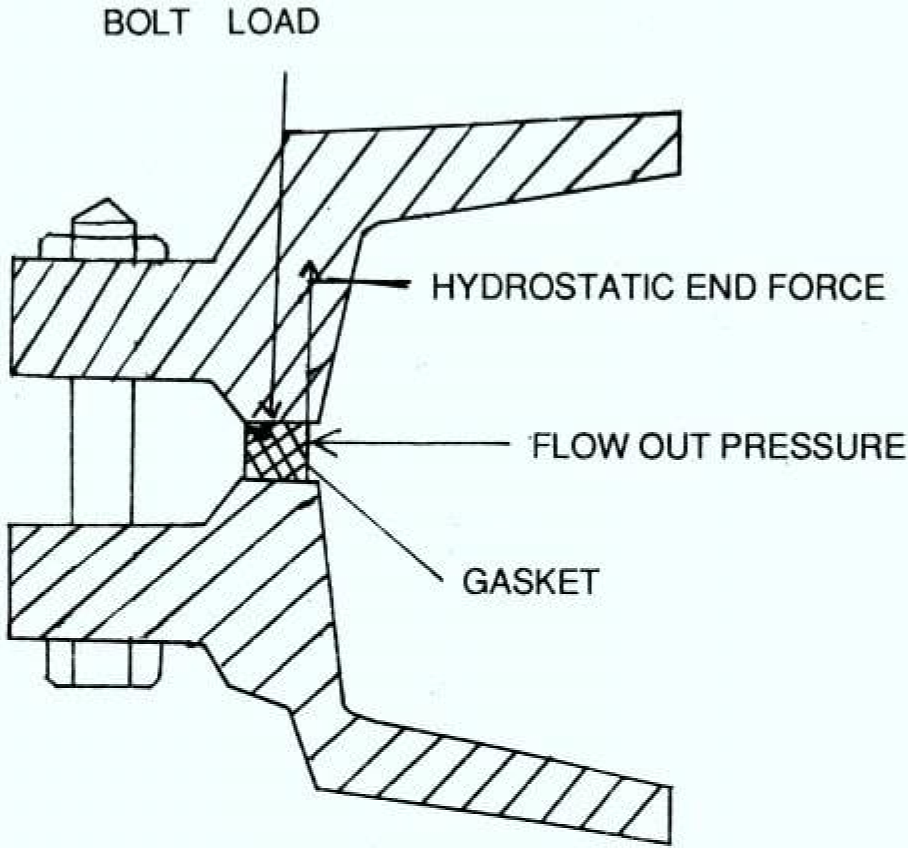


চিত্র নং—৭৪, একটি ফ্লেঞ্জের মাইক্রোস্কপিক ভিউ।

ফ্লেঞ্জের অংশকে মাইক্রোসকুপ দিয়ে দেখলে চিত্রের মত দেখা যাবে যে তলটি মেসিনে মসৃণ করা সত্ত্বেও ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র ঢেউ ও খাজ রয়ে গেছে। একে অতি মসৃণ করতে গেলে ব্যয় অনেক বেশী এবং মেটালের দুইটি মসৃণ তল গেসকেট ছাড়া জোড়া লাগাতে গেলে অত্যন্ত বেশী শক্তির প্রয়োগে নাটবোল্ট টাইট দিতে হবে যাতে লিক না করে। এই ধরনের ব্যবস্থা বিশেষ বিশেষ ক্ষেত্রে করা হয়ে থাকে। যেমন টারবাইনের ফ্লেঞ্জ গেসকেট ছাড়া সম্মিলিত করা হয়। সাধারনভাবে প্রত্যেক ফ্লেঞ্জে গেসকেট ব্যবহৃত হয়।

গেসকেট ব্যবহার করার আগে দেখা দরকার ইহা কোন অবস্থার মধ্যে কাজ করবে। এর উপর কি কি চাপ আসছে এবং তার পরিমাণ কত হতে পারে। ৭৫ নং একটি চিত্র দিয়ে দিখান হল গেসকেটের উপর কোন কোন শক্তি (force) কাজ করছে।

এখানে যন্ত্র বা আধারের ভিতরের চাপ গেসকেটকে সরিয়ে বের করে দিতে চাইবে এবং হাইড্রোস্টেটিক প্রান্ত চাপ জয়েন্টকে আলগা করতে চাইবে, কিন্তু বোল্ট চাপ দিয়ে ফ্লেঞ্জকে মিশিয়ে রাখবে। যদি এই লোড বেশী হয় এবং ভিতরের তাপ ও চাপ বেশী থাকে তবে শক্ত এবং ভাল গুণসম্পন্ন গেসকেটের



চিত্র নং—৭৫, গেসকেটের উপর আরোপিত শক্তি সমূহ।

দরকার হবে। গেসকেটর রকম ও কার্য্যক্ষমতা পাঁচটি বিষয়ের উপর নির্ভর করে।

ভিতরের চাপ (Internal pressre) :— লাইনের ভিতরের যে শক্তি গেসকেটের উপর কাজ করছে অর্থাৎ যে শক্তি গেসকেটকে বাইরের দিকে ঠেলছে (Flow out pressure) এবং হাইড্রোস্টেটিক চাপ যা উপরে ও পাশের দিকে গেসকেটকে ঠেলছে, সেগুলি হল ভিতরের চাপ।

ফ্লেঞ্জ লোড (Flange load) :— নাট বোল্ট টাইট করার ফলে যে শক্তি বা চাপ গেসকেটকে সংকুচিত করে সিলিং করছে অর্থাৎ ফ্লেঞ্জের উপর নাট বোল্টের যে লোড দেয়া হয় তাহাই ফ্লেঞ্জ লোড।

তাপ (Temperature):— ভিতরের তাপ যা গেসকেটের উপর কাজ করছে তা বিবেচনার বিষয়। আবার তাপের পরিবর্তন থাকলে তাকেও

বিবেচনায় আনতে হবে, জানতে হবে। কেননা তাপ পরিবর্তন অথবা একবার ঠান্ডা আবার গরম হলে গেসকেটও একবার প্রসারিত (Expand) আবার সংকুচিত (contract) হবে, এতে ইলাস্টিক গুণ শীঘ্র নষ্ট হয়। তাপে গেসকেটের টান শক্তি কমে যায়, শুষ্ক ও শক্ত হয়ে যায়। সর্বোচ্চ তাপমাত্রা ৫৪০°C এর বেশী হলে বিশেষ ধরনের গেসকেট (special gasket), ধাতুর তৈরী গেসকেট (metallic or corrugated) ব্যবহার করা আবশ্যক।

প্রবাহ মাধ্যম ঃ– যে তরল বা বায়ুবীয় পদার্থকে সিল করছে তা কি ধরনের পদার্থ, অর্থাৎ স্টীম, তৈল না কেমিক্যাল তা বিবেচনা করে দেখতে হবে।

সাধারন অবস্থা (General condition)ঃ– ফ্লেঞ্জটি কি ধরনের, তার তলের মসৃনতা কিরূপ এবং কয়টা বোল্ট ব্যবহার করা হয়েছে ইত্যাদি বিষয় লক্ষ্য করতে হবে। অত্যন্ত মসৃণ তলে (surface) গেসকেট ভাল কাজ করে না, কারণ এতে গেসকেটের আকড়ে ধরার (Griping) ক্ষমতা কমে যায়।

উপরের বিষয়গুলি বিবেচনার মধ্যে রেখে এমন গেসকেট নির্বাচন করতে হবে যা অভিষ্ট বোল্ট শক্তিতে ঠিক ভাবে বসে, ভিতরের চাপ ও তাপকে সহ্য করতে পারে। ব্যবহৃত পদার্থ দ্বারা নষ্ট না হয় এবং এই অবস্থা ও পরিবেশে দীর্ঘ দিন টিকে। এই সব কিছুই নির্ভর করবে দুটি জিনিষের উপর। একটি হল গেসকেটের মেটিরিয়েল এবং অন্যটি হল এর পুরুত্ব।

গেসকেট তৈরীতে এসবেসটস প্রধান বস্তু হিসাবে ব্যবহৃত হয়। এসবেসটস আঁশযুক্ত অদাহ্য (Fire- resistant) খনিজ (mineral) পদার্থ। এর টান বহন শক্তি কম কিন্তু এসিড, ক্ষার বা এই জাতীয় পদার্থের সংস্পর্শে নষ্ট হয় না। তাপ বহন ক্ষমতা খুবই কম বলে ইনসুলেসন কাজে যথেষ্ট ব্যবহার হয়। এর গুনাগুন বৃদ্ধির জন্য গ্রাফাইট, সূতা,নেউপ্রেন, নাইট্রাইট, রাবার ইত্যাদি মিশ্রিত করা হয় ও কখনো কখনো টান ও ধারন শক্তি বাড়ানোর জন্য ধাতু বা তার সংযুক্ত করা হয়। এসবেসটস আশকে বিশেষ পদ্ধতিতে চাপয়িত করে যে গেসকেট তৈরী করা হয় তাকে C. A. F. (Compressed Asbestos Fiber) গেসকেট বলে।

এ ছাড়া রাবার, পলিটেট্রোফ্লোরিথিলিন (Polytetrafluorethylene, PTFE), ওয়েল পেপার (oil paper), কর্কসীট ইত্যাদি গেসকেট হিসাবে

ব্যবহৃত হয়। আবার কখনো এদের মধ্যে কয়েকটির মিশ্রনেও গেসকেট তৈরী হয়। রাবার গেসকেট কম চাপ ও তাপের লাইনে ব্যবহার হয়। সাধারনতঃ পানির লাইনে এর ব্যবহার বেশী। সিনথেটিক রাবার তৈল বা কেমিকাল লাইনে ব্যবহার হয়ে থাকে। পলিটেট্রাফ্লোরিথিলিন কেমিক্যেল লাইনের জন্য উত্তম। তবে ইহা ৫০০°C তাপ পর্যন্ত লাইনে ব্যবহার করা যায়। উচ্চ বা মধ্যম তাপ ও চাপের লাইনে এসবেসটস ও এসবেসটস কম্পাউন্ডের গেসকেট ব্যবহার হয়ে থাকে। কখনো কখনো ধাতুর তৈরী স্পাইরাল বা মেটাফ্লেক্স (Metaflex) তৈরী গেসকেট ব্যবহৃত হয়। পেরোনাইট (paronite) বা ক্লিংগারিট জাতীয় গেসকেট উচ্চ চাপে ও তাপের স্টীম লাইনে অধিক ব্যবহার হয়।

ক্লিংগারিট একটি গেসকেট প্রস্তুত কারকের ব্রান্ড নাম অনুসারে নামকরন হয়েছে এবং এই নামেই ইহা পরিচিত। ইহা এসবেষ্টস, রাবার, লাল শীসা, গ্রাফাইট ও আয়রন অক্সাইডের মিশ্রনে তৈরী হয়ে থাকে। তেলের লাইন বা তেলের পাম্পে কর্কসীট (cork- sheet), কার্ড–বোর্ড (card-board) বা ঘনায়িত সোলা (pressed shellac) জাতীয় গেসকেট ব্যবহার হয়। চাপের পরিমান অতিরিক্ত হলে তার সম্বলিত গেসকেট অর্থাৎ যে গেসকেট বা ক্লিংগারেটের ভিতর তারের জাল দিয়ে মজবুত করা হয়েছে এমন গেসকেট ব্যবহার করা শ্রেয়। চাপ এবং তাপ উভয়ই অতিরিক্ত হলে করোগেটেড মেটাল গেসকেট (corrugated metal gasket) ব্যবহারে দীর্ঘ দিন চলে। যদি উপযুক্ত গেসকেট হাতের কাছে না থাকে তবে কম তাপ ও কম চাপের জন্য এলুমিনিয়াম সিট কেটে গেসকেট হিসাবে ব্যবহার করা যায়। বেশী তাপ ও চাপের ফ্লাঞ্জ বা জয়েন্টে কপার ধাতুর তৈরী গেসকেট বা ওয়াসার ভাল কাজ করে। গেসকেটের পুরুত্ব (thickness) কত হবে এটা বিবেচনার বিষয়। একটি গেসকেটে প্রথম যে টাইট দেয়া হয় পরে তাপ ও চাপের মাধ্যমে গেসকেট তা সম্পূর্ণ ধরে রাখতে পারে না। কম তাপের লাইনে এই শক্তির পরিবর্তন না হলেও ২০০°C এর বেশী লাইনে পরিবর্তন ধরা পড়ে। গেসকেট যে শক্তিটুকু হারায় তাকে টরক্ লস (Torque loss) বলে। প্রয়োজনের অতিরিক্ত শক্তিতে বোল্টলোড দিলে টরক্ লস বেশী হয়ে থাকে। গেসকেট মেটিরিয়াল ভাল হলে টরক্ লস কম হয়। গেসকেট যত পাতলা হবে এর কার্য্য ক্ষমতা তত ভাল হয়। কিন্তু ব্যবহৃত স্থানের মসৃনতার উপর পুরুত্ব বাড়ানো প্রয়োজন হয়। আবার পুরুত্ব বাড়ালে টরক লসও কম হয়। কিন্তু বেশী ষ্ট্রেস নেয়ার ক্ষমতা নষ্ট হয়। উপরের সব বিষয়গুলির

সমন্বয়েই গেসকেটের রকম ও পুরুত্ব নির্ধারন করা হয়। তবে সাধারন ভাবে বলা যেতে পারে যে অমসৃণ তল (rough surface) হলে মোটা পুরুত্বের গেসকেট, মসৃন তলের জন্য পাতলা গেসকেট উপযুক্ত।

গেসকেট ব্যবহার পদ্ধতি :– যে ফ্লেঞ্জ বা যন্ত্রাংশে গেসকেট ব্যবহার করা হবে তাকে ভাল ভাবে পরিষ্কার করে নিতে হবে। এর পর পরীক্ষা করে দেখতে হবে তলের মধ্যে কোন স্ক্রেচ বা কাটা দাগ আছে কি না। যদি থাকে তাকে পলিশ করে বা মেশিন করে উঠিয়ে দিতে হবে। লাইনের পরিবেশ ও মাধ্যমের উপর নির্ভর করে কোন্ ধরনের গেসকেট ব্যবহার হবে তা ঠিক করতে হবে। যদি পুরাতন গেসকেট পরিবর্তন করে লাগান হয় তবে উহার অনুরূপ মানের গেসকেট নির্দ্বিধায় ব্যবহার করা যায়।

গেসকেট সিট থেকে সাধারনত গেসকেট কাটা হয়। যন্ত্রাংশ ভান্ডারে (spare parts store) কাটা গেসকেট বা রিং জাতীয় গেসকেট প্রস্তুতকারক কর্তৃক সরবরাহ হয়ে থাকে। সে ক্ষেত্রে পুরাতনের পরিবর্তে নূতন লাগিয়ে দিলেই হল। ষ্টীম লাইনের গেসকেট ব্যবহারের সময় ভাল সিলিং^এর জন্য মলিকোট বা অন্য কোন কমপাউন্ডের প্রলেপ দেয়া যেতে পারে। গেসকেট থেকে ফ্লেঞ্জের মাপ অনুসারে গেসকেট কাটার বা কেচি দিয়ে গেসকেট কেটে নিতে হয়। যে যে স্থানে বোল্টের ছিদ্র হবে উহা চিহ্নিত করে পাঞ্চ দিয়ে কেটে ফেলতে হয়। সবচেয়ে সহজ পদ্ধতি হল যেখানে গেসকেট ব্যবহার হবে যদি সেই ফ্লেঞ্জ বা একটি অংশকে বাইরে আনা যায় অথবা ঐ স্থানে যথেষ্ট ফাঁক থাকে তবে অনুমানিক মাপের একটি গেসকেটের টুকরা সেখানে স্থাপন করে উহার প্রান্তের (edge) উপর হাতুড়ি দিয়ে আস্তে আস্তে ঠুকতে থাকলে সঠিক মাপের গেসকেটটি কেটে বেরিয়ে আসবে। যেমন ধরুন একটি ২" ভাল্ব ফ্লেঞ্জের গেসকেট কাটতে হবে। এখন ভালবের একটি ফ্লেঞ্জ উপরের দিকে রেখে উহাকে টেবিলের উপর স্থাপন করুন। যে তলে গেসকেট বসবে তা মেপে নিন। এ মাপের চেয়ে আধা ইঞ্চি বড় ব্যাসের একটি গেসকেটর চাকতি কেটে নিন। এই চাকতিটি ভাল্বের ফ্লেঞ্জে স্থাপন করুন।। অনেক সময় চাকতি না কেটে সুবিধার্থে বড় আকারের টুকরা বা সিটের অংশ সরাসরিও স্থাপন করা যেতে পারে। এখন একটি হাতুড়ি দিয়ে ফ্লেঞ্জের প্রান্ত রেখা বরাবর আস্তে আস্তে ঠুকতে থাকুন, দেখবেন গেসকেট সুন্দরভাবে কেটে যাচ্ছে। এ ভাবে আগাতে থাকুন,পূর্ন রিং কাটা হয়ে যাবে। তবে কাটার সময় এক হাত দিয়ে সিটকে সাবধানে চেপে রাখতে হবে। যদি

গেসকেটের মধ্যে বোল্টহোল থাকে তবে ছিদ্রের ধার বরাবর ঠুকা দিন। তখন সঠিক ছিদ্রও হয়ে যাবে। এই পদ্ধতিতে সুন্দরভাবে এসবেসটস বা ক্লিংগারিট জাতীয় গেসকেট কাটা যায়। তবে এই পদ্ধতিতে গেসকেট কাটার সময় হাতুড়ীর আঘাতে গেসকেটের মান নষ্ট হয়। ফলে বিশেষ প্রয়োজন ছাড়া গেসকেট আলাদাভাবে মাপ দিয়ে কাটাই উচিৎ।

গেসকেট ফ্লেঞ্জে স্থাপন করার সময় আগে নীচের দিকের একটি বা দুটি বোল্ট লুজ করে লাগিয়ে দিতে হয়। তারপর গেসকেটকে সঠিক স্থানে রেখে অন্যান্য বোল্ট লাগিয়ে দিতে হয়। অতপর কোনাকুনি ভাবে একটি একটি করে বোল্ট টাইট দিতে হবে। লক্ষ্য রাখতে হবে যে গেসকেট সঠিক স্থানে আছে কিনা। কোন বোল্ট একবারে সম্পূর্ণ টাইট দেয়া উচিৎ নয়। এক্কেকটি বোল্টকে কয়েক প্যাচ করে টাইট দিয়ে দিয়ে সম্পূর্ণ ফ্লেঞ্জটি সঠিকভাবে টাইট করতে হবে। কতটুকু টাইট দিতে হবে তা নির্ভর করবে গেসকেট মেটিরিয়েলের উপর। যদি রাবার বা সিনথেটিক রাবার হয় তবে হাতের শক্তি পরিমান টাইট দিতে হবে। যদি এসবেষ্টস বা ক্লিংগারিট হয় তবে দুজনের শক্তি বা রেঞ্চ পাইপ লাগিয়ে টাইট দেয়া যায়। যদি মেটাল গেসকেট হয় তবে আরো বেশী শক্তি প্রয়োগ করা বাঞ্ছনীয়। পুরাতন গেসকেট নষ্ট হয়ে গেলে তা মেরামত করা সহজ নয়। যদি সামান্য আচড় বা ছড় উঠে থাকে তবে ঐ গেসকেটের উপর উপযুক্ত সিলিং কমপাউন্ডের প্রলেপ দিয়ে আবার ব্যবহার করা যেতে পারে। দীর্ঘদিন ব্যবহার হয়ে থাকলে বা গেসকেটে কাটা দাগ থাকলে বা অন্যভাবে ক্ষতি হয়ে থাকলে সে ক্ষেত্রে নূতন গেসকেট ব্যবহার আবশ্যক।

সিলিং কমপাউন্ড (sealing compound):— যে সব জয়েন্টে গেসকেট থাকে না, বিশেষ করে যেখানে তাপমাত্রা বেশী বা তাপমাত্রার উঠা নামা আছে বা সমতলের আয়তন বেশী অথবা গেসকেট পরিবর্তন সহজসাধ্য নয় সেখানে সিলিং (sealing) এর জন্য বিশেষ ধরনের মিশ্রিত তরল পদার্থ ব্যবহার হয়। যেমন হিটার এর ফ্লেঞ্জ জয়েন্ট, বয়লার ফিড পাম্প ফ্লেঞ্জ, টারবাইনের সমতল ফ্লেঞ্জ ইত্যাদি। এ ছাড়া প্রয়োজন মত অন্যান্য স্থানেও ব্যবহার হতে পারে। গেসকেটের মান কিছুটা খারাপ দেখলে গেসকেটের উভয় পার্শ্বে সিলিং কমপাউন্ড লাগিয়ে নিলে ভাল হয়।

বাজারে অনেক ধরনের সিলিং কম্পাউন্ড পাওয়া যায়। কৌটার গায়ে ব্যবহারের স্থান, চাপ ও তাপের মাত্রা এবং ব্যবহার পদ্ধতি লেখা থাকে। সিদ্ধ (boiled) তিষির তৈল (Linseed oil) এর সাথে নরম ধাতুর মিহি গুড়া বা গ্রাফাইট মিশিয়ে সিলিং কম্পাউন্ড তৈরী করা যায়।

সকল কাজে সাধারণভাবে ব্যবহার উপযোগী সিলিং কম্পাউন্ড তৈরীর একটি সহজ পদ্ধতি এখানে দেয়া হল।

বিশুদ্ধ তিষির তৈল (Linseed oil)একটি পাত্রে নিয়ে একে ১২০°C হতে ১৩০°C পর্যন্ত তাপমাত্রায় এক–দুইঘন্টা জ্বাল দিতে হবে এবং একাধারে নাড়তে হবে যেন এতে জলীয় অংশ (moisture) এবং এলবুমেন (albumens) সরে যায়। এরপর না নাড়িয়ে একে কয়েক ঘন্টা ধরে ২০০° C– ২৭৫° C পর্যন্ত তাপে জ্বাল দিতে হবে যতক্ষন না তৈল আঠাল হয়ে যায় অর্থাৎ দুই আঙ্গুলের মাথায় নিয়ে টানলে সুতার নালের মত তৈরী হয়। এই অবস্থায় একে ঠান্ডা করে নীচের কিছু পরিমান অংশ বাদ দিয়ে বাকীটা অন্য পাত্রে ঢেলে নিয়ে ইহাকে অল্প তাপ এবং চাপের কাজে বা যে কোন সাধারণ সিলিং এর কাজে ব্যবহার করা যায়। সিদ্ধ তিষির তেল শুকিয়ে গিয়ে ইলাস্টিক সিলিং স্তর (elastic sealing film) সৃষ্টি করে।

তিষির তৈলকে আঠাল পদার্থে তৈরী করার সময় উত্তপ্ত তৈলের সাথে সাদা শীশা (White lead) বা লাল শীশার (Red lead) মিহি গুড়া মিশিয়ে দিতে হবে। এরপর একে ঠান্ডা পাত্রের নীচের কিছু অংশ বাদ দিয়ে বাকীটা অন্য পাত্রে ঢেলে নিয়ে কাজে ব্যবহার করা যাবে। সাধারন বা এর চেয়ে কিছু তাপ ও চাপের ক্ষেত্রে ইহা ব্যবহার উপযোগী। তাপ ও চাপ মাঝারি ধরনের হলে তামা (copper) বা লোহার (iron) মিহি গুড়া (powder) ব্যবহার করা যায়। মাঝারি থেকে উচ্চ তাপ ও চাপের ক্ষেত্রে ব্যবহারের জন্য গরম তিষি তৈলের সাথে গ্রাফাইট পাউডার মিশ্রিত করে কম্পাউন্ড তৈর করা হয়ে থাকে। প্রত্যেক ক্ষেত্রেই পাউডারের পরিমান ৪০–৬০% অর্থাৎ বলা যেতে পারে যে এক কেজি তৈলে আধা কেজি পর্যন্ত পাউডার মিশান যায়। মিশ্রিত করার সময় অবশ্যই উত্তম ভাবে নাড়তে হবে।

যদি উপরে উল্লেখিত কোন প্রকার পাউডারের ব্যবস্থা করা সম্ভব না হয় তাহলে সাধারন কাঠ কয়লা (charcoal) নিয়ে তাকে মিহি করে গুড়া করে একই পদ্ধতিতে গরম তিষির তেলের সাথে মিশিয়ে নিতে হবে। ইহা ৪০০ psi এবং৮০০° F পর্যন্ত কাজে ব্যবহার উপযোগী। তবে প্রয়োজনে এর বেশী চাপ ও তাপমাত্রায়ও ব্যবহার করা যেতে পারে।

দ্বাদশ অধ্যায়

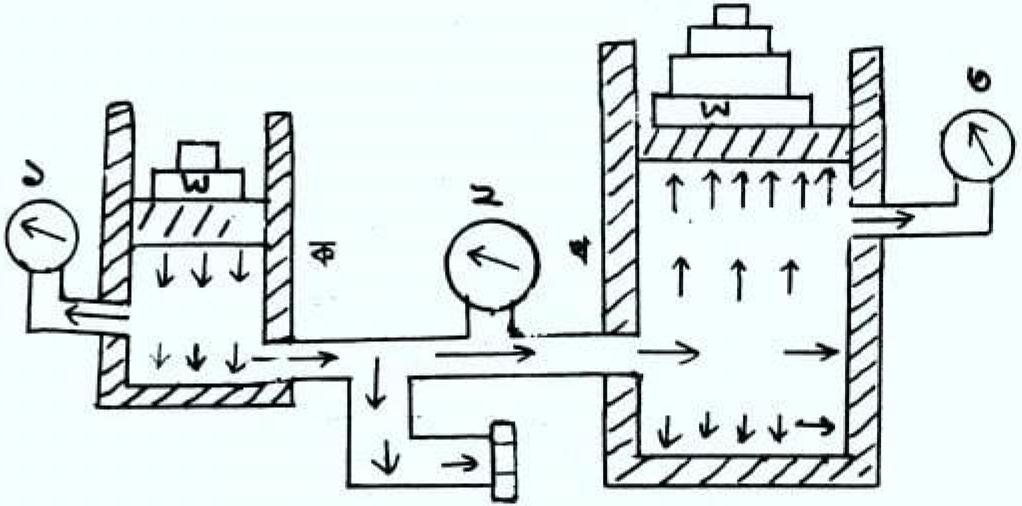
যন্ত্র ও যন্ত্রকৌশলে হাইড্রোলিক্স
(HYDRAULICS IN MACHINE AND MECHANISM)

আধুনিক যন্ত্র বিজ্ঞান ও যন্ত্রকৌশলে হাইড্রালিক্সের যথেষ্ট ব্যবহার আছে। হাইড্রোলিক ড্রাইভ বা পদ্ধতিতে বৈদ্যুতিক শক্তিকে তরল প্রবাহ শক্তিতে রূপান্তরিত করা হয় এবং এই শক্তি বিভিন্ন কাজে ব্যবহৃত হয়। শক্তি স্থানান্তরিত (Power transmission) করার কাজে হাইড্রোলিক্সের ব্যবহার এত বেড়ে গেছে যে ফ্লোয়িড পাওয়ার (Fluid power) নামকরনে যন্ত্রপাতির আলাদা বিভাগ সৃষ্টি হয়েছে। হাইড্রোলিক প্রেস, হাইড্রোলিক হ্যামার, হাইড্রোলিক গিয়ার ইত্যাদি ফ্লোয়িড পাওয়ারের অন্তর্ভূক্ত। হাইড্রোলিক পদ্ধতির মাধ্যমে অনেক যন্ত্রের কন্ট্রোল ও পরিচালন ব্যবস্থা করা হয়ে থাকে। যেমন টারবাইন হাইড্রোলিক কন্ট্রোল, হাইড্রোপাওয়ার ক্রেন কন্ট্রোল ও পরিচালন, যে কোন হাইড্রোসারভো মটর চালনা ইত্যাদি।

যন্ত্রপাতিতে হাইড্রোলিক্স পদ্ধতি কিভাবে কাজ করে তা জানার আগে হাইড্রোলিক্স কি এবং এর মূল সূত্র কি তা বুঝা দরকার। যে কোন তরল পদার্থ যখন শক্তি ধারন, উৎপন্ন, হস্তান্তর, প্রবাহ এবং শক্তি নিয়ন্ত্রন কাজে ব্যবহৃত হয় তাকে হাইড্রোলিক্স বা তরল শক্তি বিজ্ঞান বলে। অধিকাংশ ক্ষেত্রে পানি এবং তৈল তরল পদার্থ হিসাবে ব্যবহার হয়। যন্ত্রপাতি চালনার বা কন্ট্রোলের কাজে হালকা তেল (Light duty oil, D.T.E light oil, light lubricating oil ইত্যাদি) বা হাইড্রোলিক তেল (Hydraulic oil) ব্যবহৃত হয়। এই অধ্যায়ে হাইড্রোলিক্স তরল পদার্থ বলতে আমরা তেলকেই বুঝব। হাইড্রোলিক্সের ক্ষেত্র ব্যাপক, কিন্তু এখানে আমরা যন্ত্র সম্পর্কিত বিষয় নিয়েই আলোচনা করব। যে মূল নীতির উপর নির্ভর করে হাইড্রোলিক্সকে যন্ত্র ও যন্ত্রকৌশলে প্রয়োগ করা হয়েছে তাকে পেসকেলস নীতি (pascal's law) বলে। এই নীতিকে চাপ সঞ্চালন (Transmissibility of pressure) সূত্রও বলা হয়ে থাকে। ইহা এই যে কোন আবদ্ধ পাইপ বা পাত্র তরল পদার্থ দ্বারা পূর্ণ থাকলে এবং তার কোন

অংশে চাপ বৃদ্ধি করলে তাহা তরল পদার্থের মধ্যমে সর্বত্র সর্বদিকে সঞ্চালিত হয়ে থাকে। একটি উদাহরন দিয়ে বিষয়টি বুঝান যেতে পারে।

নীচের চিত্রে দুটি পিস্টন ও সিলিন্ডার আছে। একটির এরিয়া ১০ বর্গ ইঞ্চি এবং বড়টির ৮০ বর্গ ইঞ্চি। উভয় সিলিন্ডার একটি পাইপ লাইন দ্বারা যুক্ত আছে।



চিত্র নং ৭৬, পেস্‌কেল্‌স নীতির কার্য উদাহরণ।

'ক' সিলিন্ডারের যে পিস্টন আছে তাহার ওজন ১০ পাউন্ড ও উহার উপর ওজন রাখা আছে মনে করি ৪০ পাউন্ড। এই ৫০ পাউন্ড সিলিন্ডারের ভিতরে পূর্ণ করা তেল বা পানির উপর চাপ প্রয়োগ করছে যার পরিমান হবে ৫০+১০=৫ পাঃ/ প্রতি বর্গ ইঞ্চি বা পি, এস, আই।এই চাপ সমান ভাবে উভয় সিলিন্ডারের এবং পাইপের মধ্যে সর্বত্র সঞ্চালিত হবে বা বিরাজ করবে। উহাদের গায়ে লাগানো ১, ২, ৩ প্রেসার গেজে লক্ষ্য করলে দেখা যাবে যে তিনটিতেই ৫ পি, এস, আই রিডিং দিচ্ছে। অবশ্য লাইন লস,লিক,পাইপ থেকে বাহির হয়ে আসা ইত্যাদি কারনে সামান্য পার্থক্য হতে পারে যা এখানে গন্য করার দরকার নেই। সমপরিমান চাপ বড় সিলিন্ডারের যে পিস্টন আছে তার ৮০ বর্গ ইঞ্চি তল জুড়ে উর্দ্ধদিকে চাপ দিচ্ছে। সুতরাং পিস্টনের উপর মোট উর্দ্ধ চাপের পরিমাণ হবে ৫ x ৮০=৪০০ পাউন্ড। পিস্টন সহ মোট ৪০০ পাউন্ড ওজনকে উপরের দিকে ঠেলে রাখার বা উর্দ্ধে তোলার ক্ষমতা ছোট সিলিন্ডারের ৫০ পাউন্ড ওজনের আছে।

যদি 'খ' সিলিন্ডারের আয়তন আরো বড় হত তাহলে আরো বেশী ওজন তোলা সম্ভব ছিল। ইহা কিভাবে সম্ভব হল বা এই অতিরিক্ত শক্তি কোথা হতে এলো ? আসলে মোট কাজ বা কর্ম শক্তির পরিমাণ উভয় সিলিন্ডারেই সমান, যদিও আপাততঃ দৃষ্টিতে ওজনের পার্থক্য অনেক বলে বৈসাদৃশ্য মনে হয়।

আমরা জানি কাজ হল ওজন বা চাপ x দুরত্ব (W=pxd)। যদি ক সিলিন্ডারে ৫০ পাউন্ড ওজন পানির উপর চাপ সৃষ্টি করে পিস্টন ৪ ইঞ্চি নীচে নামে তাহলে খ সিলিন্ডারে তাহা $\frac{১০x৪}{৮০} = \frac{১}{২}$ ইঞ্চি উপরে বড় পিস্টনকে তুলতে পারবে। কারন 'ক' সিলিন্ডারের যে পরিমাণ পানি নীচে সরবে খ সিলিন্ডারে সেই পরিমাণ পানিই উপরে উঠবে। খ, এর আয়তন বেশী বলে পানির উচ্চতা সেই অনুপাতে কমে যাবে। এবার যদি আমরা কাজের পরিমাণের চিন্তা করি তাহলে ক সিলিন্ডারে কাজের পরিমান হল ৫০ x $\frac{৪}{১২}$ = ১৬.৬৬ ফুট পাউন্ড।

অনুরূপ ভাবে খ সিলিন্ডারে কাজের পরিমান হবে

৪০০ x $\frac{১}{২x১২}$ = ১৬.৬৬ ফুট পাউন্ড। উপরের এই পদ্ধতিতে যদি আমরা ক পিস্টনের উপর আরো কম ওজন রাখি তাহলে কি ঘটবে। এই ক্ষেত্রেও ক পিস্টন 8" নীচে নামলে খ পিস্টন $\frac{১}{২}$ ইঞ্চি উপরে উঠবে তবে পূর্বের চেয়ে কম সময়ে উঠবে। অর্থাৎ কার্য্য ক্ষমতা অনুসারে ft-lb/sec উভয় ক্ষেত্রে সমান থাকবে। আবার যদি ক পিস্টনে আরো দশ পাউন্ড ওজন বাড়িয়ে দেই তাহলে চাপের পরিমান বেড়ে যাবে। অর্থাৎ $\frac{৬০}{১০}$ = ৬ psi হবে, ফলে খ সিলিন্ডারে ওজন নেয়ার ক্ষমতা আরো বেড়ে ৬x৮০=৪৮০ পাউন্ড হবে। ওজন সরিয়ে নিয়ে যদি ক সিলিন্ডারে হাত দিয়ে চাপ দিয়ে সমপরিমাণ চাপ পানিতে সৃষ্টি করা যায় তাহলেও ৪৮০ পাউন্ড ওজনকে খ সিলিন্ডারে উপরে তুলা সম্ভব হবে। উল্লেখ্য এই যে একটি মানুষের পক্ষে কোন সিলিন্ডারে বা হাত পাম্প দ্বারা ৫/৬ পি,এস, আই চাপ সৃষ্টি করা সম্ভব কিন্তু একজনের পক্ষে ৪০০ পাউন্ড এমনি উপরে তোলা সম্ভব নয়।

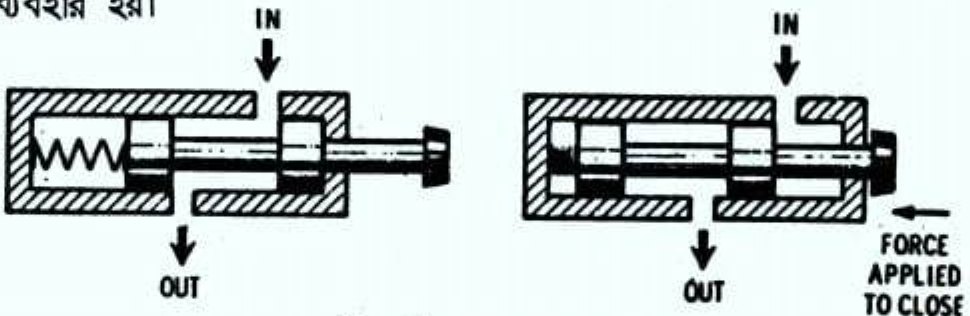
আমরা খ পিষ্টনে ওজন না রেখে কোন ভারী বস্তুকে নীচে থেকে উপরে তুলতে পারি বা কোন জিনিষকে চাপ দিতে পারি অথবা অন্য কোন যান্ত্রিক কাজে ব্যবহার করতে পারি। ক পিষ্টনের উপর ওজন রেখে যেভাবে পানির মধ্যে

চাপের সৃষ্টি করা হয়েছে যদি তাহা অন্য কোন উপায়ে করা যায় তাহলেও খ পিষ্টনকে উপরে তোলা সম্ভব। ধরা যাক পাইপ বা লাইনের যে মাথা গ স্থানে আবদ্ধ আছে যদি সেখানে একটি ছোট হ্যান্ড পাম্প বা মটর চালিত পাম্পের পানি নির্গমনের মাথা সংযুক্ত করে দেয়া হয় তাহলে সেই পাম্প দ্বারা সৃষ্ট চাপের সাহায্যে ক ও খ উভয় পিষ্টনকেই উপরের দিকে তোলা যাবে বা অন্য কোন কাজে ব্যবহার করা যাবে। আর এভাবেই হাইড্রোলিক্স পদ্ধতি কাজ করে থাকে।

হাইড্রোলিক্সের মাধ্যমে শক্তিকে হস্তান্তর করা এবং তাহা ভিন্ন ভিন্ন কাজে প্রয়োগ করার জন্য প্রয়োজন মাফিক কিছু যন্ত্র বা যন্ত্রাংশ যথা বাল্ব, গ্লোব ভাল্ব, চেক ভাল্ব, অরিফিস (orifice), রিলিফ ভাল্ব, সিলিন্ডার পিষ্টন, একোমুলেটর (accumulator), সার্বভোমটর, পাম্প ইত্যাদি ব্যবহার করা হয়ে থাকে। এ গুলিকে তরল পদার্থ প্রবাহের পথে যথাস্থানে যুক্ত করে হাইড্রোলিক সার্কিট ডিজাইন করা হয় এবং সেই অনুসারে কাজ পাওয়া যায। হাইড্রোলিক সার্কিটে সাধারণত যে সব যন্ত্রাংশ (Elements) ব্যবহার করা হয়ে থাকে তার কিছু সংক্ষিপ্ত বিবরণ ও কার্য্য পদ্ধতি আলোচনা করা হল।

স্পুল ভাল্ব বা পোর্ট ভাল্ব বা স্লাইড ভাল্ব :– সাধারণ গেইট, গ্লোব এবং নিডল ভাল্ব ছাড়াও হাইড্রোলিক পদ্ধতিতে এক ধরনের ভাল্ব ব্যবহার হয় যা তরল পদার্থকে এক দিকে প্রবেশের পথ করে দেয় এবং অন্য দিকে নির্গমনের পথও খোলা রাখতে পারে। এই ভাল্বগুলি ১ পথ (one part), ২ পথ, ৩পথ, ৪পথ,বা ৫ পথ বিশিষ্টও হতে পারে। এইগুলি স্পুল এবং পোর্ট সম্বলিত হয়েথাকে।

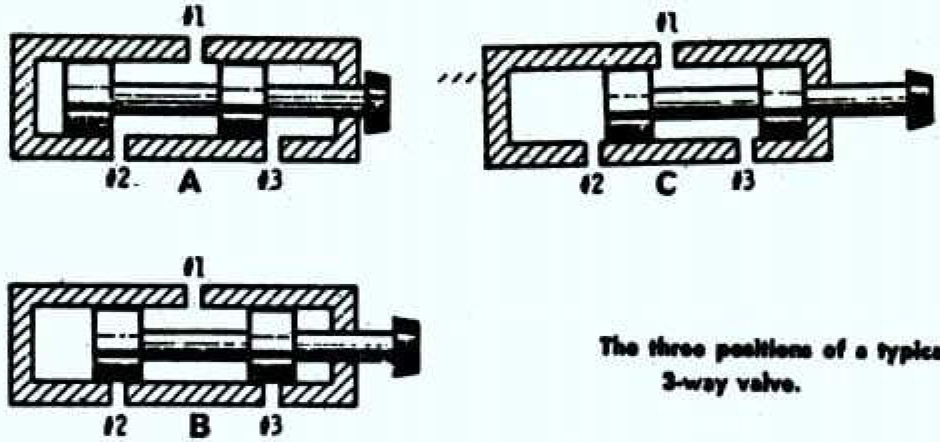
এইসব ভাল্ব তরল পদার্থ প্রবাহের দিক নির্দেশন ও নিয়ন্ত্রনের জন্য ব্যবহার হয়।



চিত্র নং ৭৭, স্লাইড ভাল্বের দুটি অবস্থান।

৭৭ নং চিত্রে ১পথ বিশিষ্ট একটি ভাল্ব তার দুই প্রকার অবস্থানে দেখান হয়েছে। ক চিত্র অনুসারে একটি বাকেট ধরনের খোলসের ভিতর দুটি পিস্টন সম্বলিত একটি সাফ্‌ট বা রড দেখা যাচ্ছে। খোলসের দুই স্থানে দুটি ছিদ্র বা পোর্ট (port) আছে। তার একটি দিয়ে চাপযুক্ত তরল পদার্থ ঢুকতে পারে বা চাপযুক্ত তৈলের লাইনের সাথে যুক্ত থাকে। অন্যটি দিয়ে তরল পদার্থ বের হয়ে পাইপের মধ্যে দিয়ে খোলা জায়গায় বা টেংকে চলে যেতে পারে। ভাল্ব পিস্টনের পিছনে একটি স্প্রিং দিয়ে তাকে একদিকে করে রাখা হয়েছে। ক–চিত্রানুসারে তেল একদিক দিয়ে ঢুকে অন্য দিক দিয়ে বের হয়ে যাচ্ছে। খ– চিত্রে রডকে বাহির থেকে কোন কিছুর মাধ্যমে ঠেলে পিস্টনের অবস্থান পরিবর্তন করার ফলে তেল একদিক দিয়ে ঢুকে অন্য দিকে যেতে পারছে না। অর্থাৎ সাধারণ গেইট বা গ্লোব ভাল্ব খোলা বন্ধ করলে যাহা ঘটে তাহাই এখানে ঘটছে। কিন্তু পার্থক্য হল এই যে পিস্টন রডকে বাহির থেকে সহজে এবং দ্রুত খোলা বন্ধ করা সম্ভব। আবার যদি কোন ইলেকট্রোমেঘনেট রডের সাথে সংযুক্ত করে দেয়া যায় তবে প্রয়োজন মোতাবেক দূর থেকে সুইচের মাধ্যমে বন্ধ বা খোলা রাখা যেতে পারে। কোন কন্ট্রোল কাজের জন্য রডের মাথাকে অন্য কোন লিংকের সাথে সংযুক্ত করা যেতে পারে যেন লিংকের উঠা নামার সাথে সাথে ভাল্বটি খোলা বা বন্ধ হবে। কোন নিয়ন্ত্রন লাইনে দরকার মত ভাল্বটিকে সাধারণ অবস্থান অনুসারে খোলা অবস্থায় (normally open) রাখা হলে ইহাকে সাধারণ অবস্থায় খোলা ভাল্ব (normally position open,one or two way valve) বলে। অর্থাৎ স্প্রিং ইহাকে সর্বদা ঠেলে খোলা অবস্থায় রাখছে। যদি রডের মাথায় ঠেলে রেখে বা শক্তি প্রয়োগ করা হয় তখন উহা বন্ধ অবস্থায় যায়। আবার শক্তি উঠিয়ে নিলে খোলা অবস্থায় চলে আসে। ৭৭ নং চিত্র তাই সাধারন অবস্থায় খোলা ভাল্ব। আবার হতে পারে ঠিক তার উল্টো অবস্থাণ। অর্থাৎ সাধারন অবস্থায় স্প্রিং পিস্টনকে ঠেলে এমন অবস্থায় রেখেছে যে তৈল এক দিকে প্রবেশ করে অন্যদিকে যেতে পারছে না। ইহাকে সাধারণ অবস্থায় বন্ধ (normally closed valve) ভাল্ব বলে।

৭৮ নং চিত্রে তিন পথ বিশিষ্ট ভাল্ব দেখা যাচ্ছে। পিস্টন যখন সর্ব বামে থাকে তখন ১ এবং ২নং পথ খোলে যায়। আবার যখন মধ্য অবস্থায় থাকে ২ ও ৩নং পথ বন্ধ হয়ে যায়। ফলে ১নং পথ দিয়ে তেল ঢুকে আবদ্ধ অবস্থায়ই থেকে যায়। সুতরাং ইহাকে সম্পূর্ন বন্ধ অবস্থা বলা যায় ।আবার পিস্টন যখন ডানে যায়

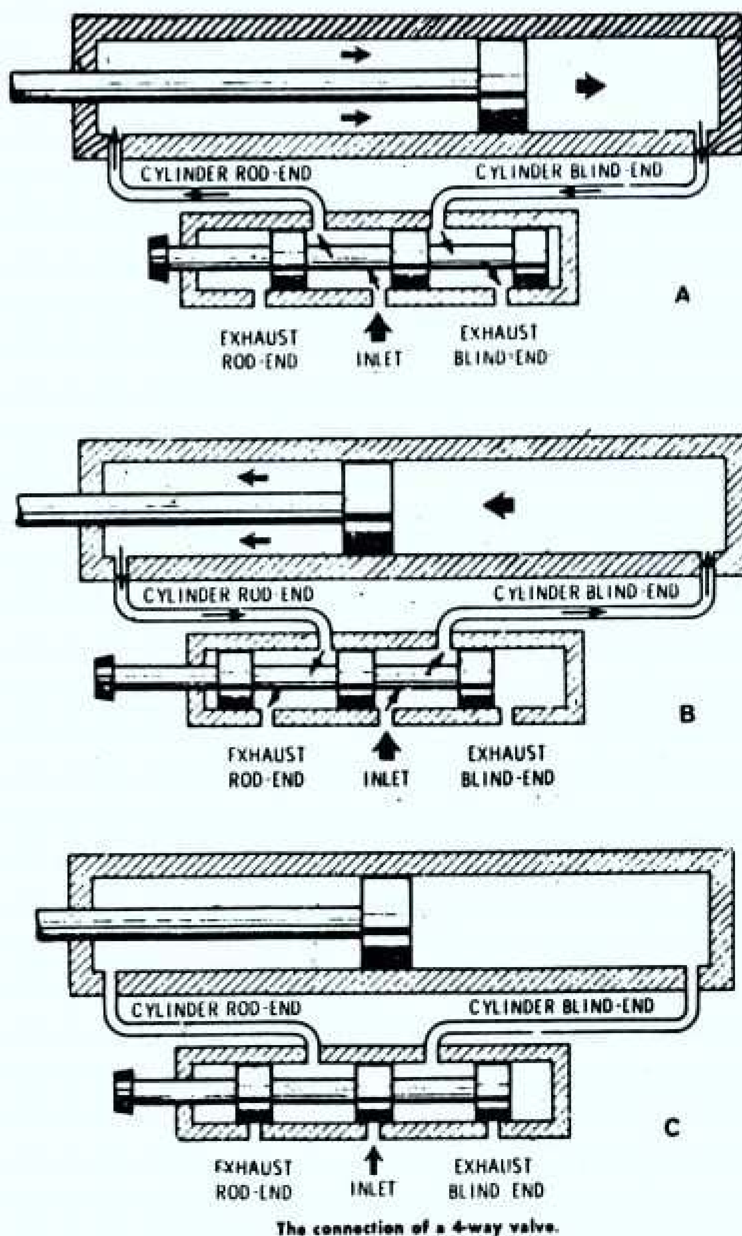


চিত্র নং—৭৮, তিন পথ বিশিষ্ট স্লাইড ভাল্ব।

তখন ১নং ও ৩নং পথ সংযুক্ত হয়ে যায়। অর্থাৎ এবার তৈল ১নং দিয়ে ঢুকে ২নং দিয়ে যেতে পারবে বা ৩নং দিয়ে ঢুকে ১নং দিয়ে যেতে পারবে।

ডাবল একটিং (Double acting) পিস্টনঃ—এই পিস্টন ও সিলিন্ডারকে নিয়ন্ত্রন করার জন্য ৪ পথ বিশিষ্ট ভাল্বের ব্যবহার হয়ে থাকে। প্রকৃত পক্ষে পাচটি পথ থাকে। দুটি নির্গমন (exhaust) পথকে ভিতর দিয়ে ছিদ্র করে একত্রে মিশিয়ে দেয়া থাকে বলে ইহাকে একটি পথ হিসাবে বিবেচনা করা হয়। এই ভাল্ব কিভাবে কাজ করে তাহা এর তিনটি ভিন্ন চিত্রে দেখান হল।

ভাল্বের অবস্থান যখন সর্ব ডানে তখন তেল মধ্যের পথ দিয়ে ঢুকে সিলিন্ডারের বাম দিকের অংশে যাচ্ছে এবং পিস্টনকে সামনের দিকে ঠেলে নিচ্ছে। এই সাথে সিলিন্ডারের ডান দিকের অংশ হতে তেল বের হয়ে নির্গমন হতে হবে। নতুবা পিস্টন সামনে এগুতে পারবে না। ফলে তেল বের হয়ে যাওয়ার জন্য অন্য দুটি পথ সংযুক্ত হয়ে যাচ্ছে। এবার পিস্টনকে পিছনের দিকে ঠেলে নিতে হবে। এইজন্য ভাল্বকে আগের অবস্থান থেকে সরিয়ে সর্ব বামে নিয়ে গেলে তেল এবার সিলিন্ডারের ডান দিকের অংশে ঢুকবে এবং পিস্টনকে পিছনের দিকে ঠেলবে এবং এবার বাম অংশের তেল নির্গমিত (drain) হয়ে যাবে। এইভাবে সিলিন্ডার পিস্টনকে সামনে পিছনে সঞ্চালিত করার জন্য হাড্রোলিক্স শক্তিকে ব্যবহৃত করা যায় এবং ছোট নিয়ন্ত্রন ভাল্ব দিয়ে সে কাজ সমাধা হয়ে থাকে। এবার পিষ্টনটিকে স্থির অবস্থায় আনতে হলে বা স্থির অবস্থায় রাখতে হলে ভালবের অবস্থান (Position) মাঝামাঝি এমনভাবে রাখতে হবে যেন তেলের প্রবেশ পথ (Inlet) এবং নির্গমন পথ (Exhaust or outlet) বন্ধ হয়ে যায়।



The connection of a 4-way valve.

চিত্র নং—৭৯, ডাবল একটিং পিস্টন ও চার পথ বিশিষ্ট ভাল্ব

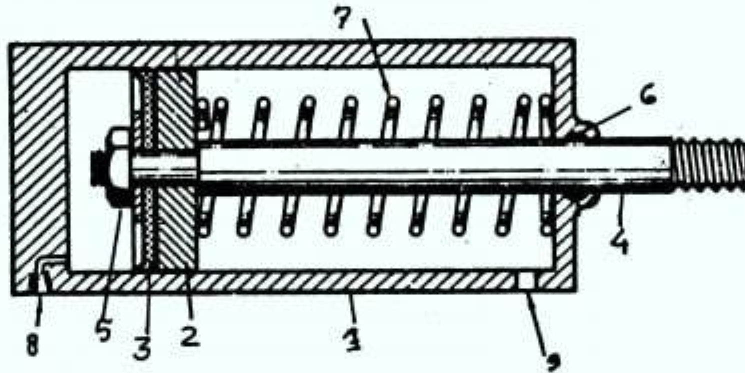
এতে পিষ্টনের উভয় দিকে সমান চাপের তেল আবদ্ধ অবস্থায় থেকে যাবে এবং উহাকে স্থির অবস্থায় রাখবে। এইভাবে নিয়ন্ত্রন কাজের জন্য প্রয়োজন মোতাবেক বহুবিধ পথ (Multi port) বিশিষ্ট স্পুল বাল্বের ব্যবহার হতে পারে।

চেক ভাল্ব ঃ- চেক ভাল্বের কাজ হল তরল পদার্থকে এক দিকে প্রবাহিত হওয়ার অনুমতি দেয়া। চাপের পার্থক্যের ফলে ওল্টোদিকে প্রবাহিত হতে চাইলে চেক ভাল্ব আপনা আপনি পথ বন্ধ করে দিবে। পানি ,ষ্টীম ইত্যাদির লাইনে যে ধরনের চেক ভাল্ব থাকে তার সম্পর্কে ভাল্ব অধ্যায়ে বলা হয়েছে। হাইড্রোলিক লাইনে অনুরূপ নির্গমনের ভাল্ব ব্যবহার করা যেতে পারে। তবে অধিকাংশ হাইড্রলিক্স ক্ষেত্রে বল চেকভাল্ব ব্যবহার হয়ে থাকে। অর্থাৎ, সাইকেল হাত পাম্পের মুখে যে ধরনের বল চেক ভাল্ব থাকে অনেকটা সেই রকমের। কোন কোন ক্ষেত্রে বলটি স্প্রিং লোডেড হতে পারে। আবার বলের পরিবর্তে পিষ্টন আকৃতির চেক ভাল্বও হতে পারে।

চাপ নিয়ন্ত্রক ভাল্ব (pressure regulating valve)ঃ- কোন হাইড্রোলিক লাইনে যে পরিমান চাপ দরকার, মূল লাইন হতে প্রেসার রেগুলেটিং ভাল্বের মাধ্যমে তা প্রয়োজন অনুসারে কমিয়ে বাড়িয়ে নেয়া সম্ভব। সাধারণতঃ পাম্পের পরে মূল প্রবাহ লাইন এবং শাখা লাইনের গোড়ায় এই ধরনের রেগুলেটিং ভাল্ব ব্যবহার করা হয়। এই ভাল্বের একটি নব বা চাকা থাকে যা ঘুরিয়ে চাপ কমানো বাড়ানো যায় এবং নিকটবর্তী স্থানে প্রেসার গেজ থাকে যেখানে চাপ কত হল পরীক্ষা করে দেখা যায়।

প্রবাহ পরিমিত ছিদ্রপথ বা অরিফিস (orifice)ঃ- তরল পদার্থ প্রবাহের লাইনে প্রায়ই অরিফিসের ব্যবহার হয়ে থাকে। কোন লাইনের প্রবাহের গতি কমানো বা চাপ কমানোর জন্য এর ব্যবহার হয়ে থাকে। আবার প্রবাহের গতি মাপক যন্ত্র হিসাবেও অরিফিসের ব্যবহার হয়। অরিফিস একটি সহজ যন্ত্রাংশ অর্থাৎ ইহা একটি পরিমিত ছিদ্র পথ যার ভিতর দিয়ে তরল পদার্থ প্রবাহিত হওয়ার সময় চাপশক্তি হারায় এবং ফলে প্রবাহ গতি কমে যায়। আবার কখনো এডজাষ্টেবল অরিফিসও ব্যবহার হয়। অর্থাৎ অরিফিসের মধ্যে নিডেল স্ক্রু থাকে যাহা ঘুরিয়ে ছিদ্র পথের আয়তন বাড়ানো কমানো যায়,ফলে প্রবাহ এডজাষ্টমেন্টের সুবিধা হয়।

সিলিন্ডার,একচুয়েটর বা হাইড্রোমটর (Cylinder, Actuator, Hydromotor)ঃ- প্রবাহিত চাপযুক্ত তরল পদার্থের শক্তিকে যান্ত্রিক সঞ্চালনে রূপান্তর করার জন্য হাইড্রোলিক সিলিন্ডার প্রবর্তিত করা হয়েছে। ইহাকে হাইড্রোমটর বা হাইড্রো সারভোমটরও বলা হয়ে থাকে। ইহা পিস্টনপাম্পের মত গোলাকৃতির একটি টিউব যার ভিতর পিস্টন ও রড থাকে। টিউবটির দুই মাথা আবদ্ধ (sealed) থাকে,তবে পিস্টনের রড সঞ্চালিত হওয়ার জন্য উপযুক্ত ছিদ্র থাকে। পিস্টন রডযুক্ত অবস্থায় সিলিন্ডারের ভিতর তরল পদার্থের চাপে সঞ্চালিত হয়ে থাকে। পিস্টনের একদিকে বা উভয় দিকেই পিস্টন রড থাকতে পারে। যদি পিস্টন শক্তি সহকারে একদিকে সঞ্চালিত হয় তাকে সিঙ্গল একটিং (Single acting) সিলিন্ডার বলে। উভয় দিকে শক্তি সহকারে সঞ্চালিত হলে ডাবল একটিং (Double acting) সিলিন্ডার বলে। নীচে চিত্র সহকারে সিঙ্গেল একটিং সিলিন্ডার বা হাইড্রোমটরের কার্য্য পদ্ধতি বর্ননা করা গেল।



Push style single-acting cylinder.

চিত্র নং—৮০, সিঙ্গেল একটিং সিলিন্ডার।

১নং –সিলিন্ডার টিউব,২ নং পিস্টন, ৩নং পিস্টন রিং, ৪নং –পিস্টন রড, ৫নং –লক নাট, ৬নং– সীল রিং বা রড পেকিং,৭নং –স্প্রিং, ৮নং –পোর্ট বা প্রবেশ ছিদ্র, ৯নং ভেন্ট বা নির্গমন ছিদ্র।

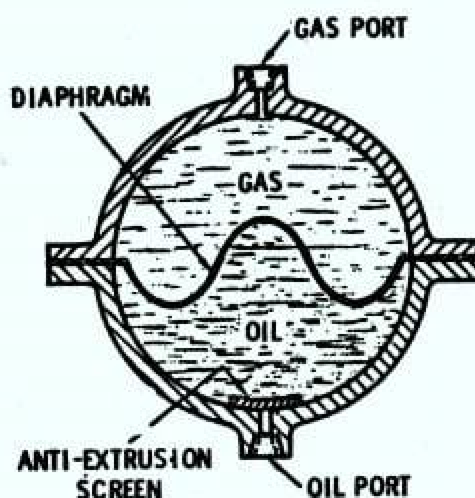
চাপযুক্ত লাইন হতে তেল ৮নং প্রবেশ পথ দিয়ে ঢুকে এবং ভিতরের পিস্টনের উপর চাপ সৃষ্টি করে। ফলে পিস্টন পিছনের দিকে শক্তি সহকারে যেতে

থাকে এবং সাথে ৭ নং স্প্রিংকে সংকুচিত করে নিয়ে যায়। পিস্টন ও সিলিন্ডারের গায়ের মধ্য দিয়ে যেন তেল বের হয়ে পিছন দিকে না যেতে পারে সেজন্য পিস্টনের উপর ৩নং পিস্টন রিং বা সীল রিং দেয়া থাকে। তবুও সামান্য পরিমাণ তেল লিক করে চলে যায়, তবে তাতে কোন শক্তি বা চাপ থাকে না। এই তেল পিছন দিক হতে নিগরিয়ে বের হওয়ার জন্য ৯নং ভেন্ট রাখা হয়েছে। পিস্টনকে রডের দ্বারা বেধে রাখা হয়েছে যাহা অপর প্রান্ত ৬নং সীল রিং বা পেকিং এর মধ্য দিয়ে বাহিরে চলে গেছে। এই মাথাকে যে কোন যন্ত্রের সাথে সংযুক্ত করে দিলে পিস্টন যে শক্তি নিয়ে সঞ্চালিত হয় তাহা ঐ যন্ত্রে হস্তান্তরিত হবে। রড ও সিলিন্ডারের মধ্যে ৬নং যে পেকিং দেয়া হয়েছে তা ভিতর থেকে তেলকে বাহিরে যাওয়া বা বাহির থেকে কোন ধুলা বালি ভিতরে ঢুকা থেকে বিরত রাখবে। পিস্টন স্প্রিংকে সংকুচিত করে যখন শেষ প্রান্তে গিয়ে পৌছে তখন ৮নং প্রবেশ ছিদ্র দিয়ে চাপ যুক্ত তেল পথকে কোন স্লাইড ভাল্ব দ্বারা বন্ধ করে দেয়া হয় অথবা এই পথকে তেল নির্গমনের পথের সাথে সংযুক্ত করে দেয় হয়। ফলে পিস্টনের উপর আর কোন চাপ শক্তি থাকে না। সে জন্য পিছনদিকের সংকুচিত স্প্রিং উহাকে ঠেলে সামনের দিকে পূর্বস্থানে নিয়ে আসে। যদি সিলিন্ডারের ভিতরের তেলকে নির্গমন হতে না দিয়ে প্রবেশ পথকে আবদ্ধ অবস্থায় রেখে দেয়া হয় তবে পিস্টন পূর্বস্থানে ফিরে আসতে পারবে না। যদি সামান্য তেল নির্গমনের সুযোগ দিয়ে আবার পথ বন্ধ করা হয় তাহলে পিস্টন একটু এগিয়ে সেখানেই দাড়িয়ে থাকবে। ৮নং প্রবেশ ছিদ্রের সাথে যদি সিলিন্ডারের একই দিকে আরেকটি আলাদা নির্গমন ছিদ্র থাকে (ধরি ১০নং)এবং এই ছিদ্র পথের সাথে সংযুক্ত লাইনে একটি ভাল্ব দেয়া থাকে তাহলে ৮নং ছিদ্র দিয়ে যখন তেল ঢুকবে তখন ১০নং ছিদ্র বন্ধ থাকবে। আবার পিস্টন শেষ প্রান্তে পৌছার পর ৮নং ছিদ্র পথ বন্ধ করে দিলে পিস্টন সেই অবস্থায় দাড়িয়ে থাকবে। এবার ১০ নং পথ খুলে দিলে পিস্টন আবার পূর্বস্থানে সরে আসতে থাকবে। আর এই ভাবেই হাইড্রোমটর কাজ করে থাকে।

সলেনয়েড ভাল্ব (Solenoid valve)ঃ- স্পুল ভাল্ব, স্লাইড ভাল্ব,কন্ট্রোল ভাল্ব বা এই ধরনের কোন ছোট ভাল্বকে হাতে খোলা বন্ধ না করে একটি চুম্বক কয়েলের সাহায্যে এই কাজ করান হয়। একটি বৈদ্যুতিক কয়েলের মধ্যে একটি চুম্বক দন্ড স্প্রিং সংযুক্ত করে রাখা থাকে। যদি কয়েলে বিদ্যুৎ প্রবাহ চালিত করা হয় তবে দন্ডটি চুম্বক শক্তির টানে স্প্রিংকে ঠেলে নীচে নেমে

আসে। আবার বিদ্যুৎ সুইচ অফ করে দিলে স্প্রিং তাকে ঠেলে পূর্বের অবস্থায় নিয়ে আসে। এখন এই চুম্বক দন্ডের বর্ধিত অংশের সাথে একটি ভাল্বের দন্ড সংযুক্ত (coupled) করে দিলে সুইচ অফ অনের সাথে সাথে ভাল্বটিও খোলা বন্ধ হবে। ইহাই সলেনয়েড ভাল্ব ।অর্থাৎ এর চুম্বক অংশটিকে সলেনয়েড বলে। এই ধরনের ভাল্ব ছোট আকারের হয়ে থাকে। এবার যদি চিত্রের হাইড্রোমটরের ৮ ও১০ নং লাইনে দুইটি সলেনয়েড ভাল্ব ব্যবহার করা হয় তবে কি সুবিধা পাওয়া যাবে? সুবিধা এই যে দূরের যে কোন স্থান হতে অথবা কন্ট্রোল রুম থেকে সুইচ টিপে হাইড্রোমটরটিকে চালনা করা যাবে অথবা যদি কোন বৈদ্যুতিক কন্ট্রোল সার্কিটের সাথে এই সলেনয়েডের সার্কিটকে অন্তর্ভূক্ত করা হয় তবে হাইড্রোমটরটি প্রয়োজন মোতাবেক কখনো সামনে যাবে কখনো পিছনে যাবে বা স্থির অবস্থায় থাকবে।

চাপাধার বা প্রেসার একুমুলেটর (pressure accumulator)ঃ- অনেক হাইড্রোলিক পদ্ধতিতে এই এ্যাকুমুলেটর ব্যবহার করা হয়। ইহা লাইনের চাপ শক্তিকে ধরে রাখতে সাহায্য করে। একুমুলেটর নানা ধরনের এবং আকারের হতে পারে। মূল কার্য্য পদ্ধতি মোটামুটি একই। নীচে গ্যাসপূর্ন ডায়াফ্রাম টাইপ প্রেসার একুমুলেটরের ছবিসহ সংক্ষিপ্ত বর্ননা দেয়া হল।



চিত্র নং-৮১, এক প্রকার ডায়াফ্রাম একুমুলেটর।

একুমুলেটররের মাঝামাঝি অংশে একটি ডায়াফ্রাম আছে যা গ্যাস ও তেলের চেম্বারকে আলাদা করে রাখে। গ্যাস পোর্টের মাধ্যমে উপরের অংশে কোন নিস্ক্রীয় গ্যাস যেমন নাইট্রোজেন দ্বারা পূর্ণ করে মুখ বন্ধ করে দেয়া হয়। হাইড্রোলিক লাইনের মূল অংশ হতে একটি বর্ধিত লাইন এনে নীচের তেলের পোর্টের সাথে লাগিয়ে দেয়া থাকে। পাম্প যখন চলে তখন তেল পোর্টের মাধ্যমে নীচের চেম্বারে ঢুকে ইহাকে পূর্ন করে। অতপর লাইনের চাপ শক্তির দরুন আরো তেল যুক্ত হয়ে ডায়াফ্রামকে উপরের দিকে ঠেলতে থাকে এবং উপরের গ্যাসকে সংকুচিত করে ফেলে। এভাবে এর ভিতরের প্রেসার, পাম্পের লাইন প্রেসারের সমান হয়ে যায়। অতপর যদি পাম্প বন্ধ হয়ে যায় তবে ডায়াফ্রাম তেলকে ঠেলে লাইনে সঞ্চালিত করতে সাহায্য করে। যেখানে অধিক পরিমান তেল চাপাধারে আবদ্ধ করা দরকার সেখানে ডায়াফ্রামের পরিবর্তে গ্যাস ব্যাগ ব্যবহার করা হয়। আবার গ্যাসের পরিবর্তে ডায়াফ্রামের পিছনে স্প্রিংও ব্যবহার করা যেতে পারে। একুমুলেটর ব্যবহার করলে পাম্পের আকার তুলনামুলক ছোট হলেও চলে। অর্থাৎ লাইনে অল্প সময়ের জন্য যখন বেশী তেল প্রবাহের দরকার তখন একুমুলেটর তাহা পুর্ণ করতে পারে। এর আরেকটি কাজ হল যে লাইনে শক ওয়েভ (Shock Wave) বা চাপের উঠা নামা জনিত যে আঘাত থাকে অথবা কোন ভাল্ব হঠাৎ বন্ধ হওয়ার জন্য লাইনে যে চাপ পড়ে ইত্যাদি একুমুলেটর আয়ত্ত করে (absorb) নেয়। এছাড়া কোন কোন হাইড্রোলিক পদ্ধতিতে পাম্পের অপারেশন সময়কে অনেক কমিয়ে দেয়। যেমন কোন একটি হাইড্রোমটরকে পাম্পের তেলের চাপের মাধ্যমে কাজ করিয়ে তাহার দন্ডকে একটি ভাল্ব খোলার কাজে লাগানো হল। ভাল্বটি দীর্ঘ সময় ধরে সেই অবস্থায় থাকবে এবং হাইড্রোমটরে একই চাপ দিয়ে পিষ্টনকে ধরে রাখতে হবে। হাইড্রোমটরের প্রবেশ ও নির্গমন পথ বন্ধ করার পরও কিছু তেল লিক হয়ে যাওয়ার সম্ভাবনা থাকে; পিষ্টন সিল রিংয়ের মধ্য দিয়ে সামান্য লিক হয়। এই লিক হয়ে যাওয়া তেলকে পুর্ণ করার জন্য বার বার ক্ষনিকের জন্য পাম্প চলার দরকার নাই। প্রেসার একুমুলেটর পূর্ণ চাপ সহকারে লাইনের এইরূপ লিক বা চুইয়ে যাওয়া তেলকে পূরণ করে পদ্ধতিকে স্থির রাখতে পারে। যদি হাইড্রোলিক পদ্ধতিটি এমন হয় যে অনেক পরিমাণ তেল বিভিন্ন যন্ত্রে বা যন্ত্রাংশে যাওয়া দরকার এবং সার্কিটের প্রয়োজনে একটি পাম্প সর্বদা চালু থাকা দরকার সে ক্ষেত্রে প্রেসার একুমুলেটর ব্যবহারের আবশ্যক নাই।

পাম্পঃ– হাইড্রোলিক শক্তি সঞ্চালন পদ্ধতির মূল শক্তি সরবরাহকারী হল পাম্প। পাম্পের কাজ হল হাইড্রোলিক লাইনের সর্বত্র প্রয়োজন মোতাবেক চাপ সহ তরল পদার্থের প্রবাহ সৃষ্টি করা।

হাইড্রোলিক পদ্ধতিতে তিন প্রকার পাম্প ব্যবহৃত হয়। যথা– রোটারী (Rotary) বা ভেইন টাইপ গিয়ার পাম্প,রেসিপ্রোকেটিং পাম্প (Reciprocating) এবং সেন্ট্রিফিউগাল পাম্প। তবে রোটারী গিয়ার ও রেসিপ্রোকেটিং পাম্পের ব্যবহারই অধিক। এই পাম্পগুলি সমপরিমাণের তেল অধিক চাপে সরবরাহ করার জন্য উপযুক্ত। তা ছাড়া এগুলি পজিটিভ ডিসপ্লেসমেন্ট (Positive displacement) প্রকৃতির। হাইড্রোলিক সার্কিটে যখন তেল প্রবাহ বা চাপ সৃষ্টির প্রয়োজন থাকে না তখন এই পাম্পগুলিকে বন্ধ করে দিতে হয় নতুবা উহার নির্গমন লাইন হতে আলাদা লাইন দিয়ে তেলের প্রবাহ বলবৎ রাখতে হয়। এই আলাদা লাইনে একটি প্রেসার রিলিফ ভাল্ব (pressure relief valve) সংযুক্ত করে তাহার নির্গমন পথ তেলের টেঙ্কে ফিরিয়ে নেয়া হয়। যদি পাম্প অতিরিক্ত চাপ সৃষ্টি করতে থাকে বা লাইনে মাত্রার বেশী চাপ হয়ে যায় তখন তেল রিলিফ ভাল্বের মাধ্যমে নির্গমন করে। রিলিফ ভাল্বে স্প্রিং'এর সাহায্যে এমন সেটিং করা থাকে যেন ঐ চাপের উপরে গেলে ভাল্ব খুলে যায়।। রিলিফ ভাল্ব সেটিং'এর মাত্রা পর্যন্ত যাওয়ার পূর্বেই প্রেসার সুইচের মাধ্যমে পাম্পকে সাধারণত বন্ধ করে দেয়া হয়। অর্থাৎ তরল পদার্থের নির্গমন লাইনে একটি প্রেসার সুইচ লাগানো থাকে যাতে প্রয়োজনীয় মাত্রা পর্যন্ত চাপ উঠালেই বৈদ্যুতিক ইশারা পাম্পের মটরের নিকট পৌছিয়ে দেয়। ফলে মটরের মেইন সুইচ বন্ধ হয়ে পাম্প থামিয়ে দেয়। আবার যখন প্রেসার নিম্ন মাত্রার নীচে আসে তখন পুনরায় প্রেসার সুইচের ইশারায় পাম্প চলতে থাকে।

হাইড্রোলিক পদ্ধতির আরেকটি প্রধান অংশ হল তরল পদার্থের আধার (Reservoir or Tank) অর্থাৎ তেলাধার বা তেলের ট্যাঙ্ক। পাম্পের সাকসান পাইপ তেলে নিমজ্জিত থাকে। পাম্প তেলের লেবেল হতে $\frac{১}{২}$ মিটারের উপরে হাওয়া উচিৎ নয় বরং তেলের লেবেলের নীচে বসানোই উত্তম। তেলের টেংকের ভিতর বা পাম্পের সাকসানে ছাকনি (strainer) থাকা প্রয়োজন যেন কোন ময়লা বা কণা প্রবাহ লাইনে যেতে না পারে। প্রবাহ লাইনেও প্রয়োজন মোতাবেক স্থানে স্থানে, যন্ত্রাংশেও তেল প্রবেশের পূর্বে উন্নত মানের তেল ছাকনি (oil

filter) বসানো উচিৎ। এতে যন্ত্রাংশ ময়লা মুক্ত থাকে বলে দীর্ঘদিন টিকে। মাঝে মাঝে এই সব ছাকনি পরিষ্কার করে দিতে হয়।

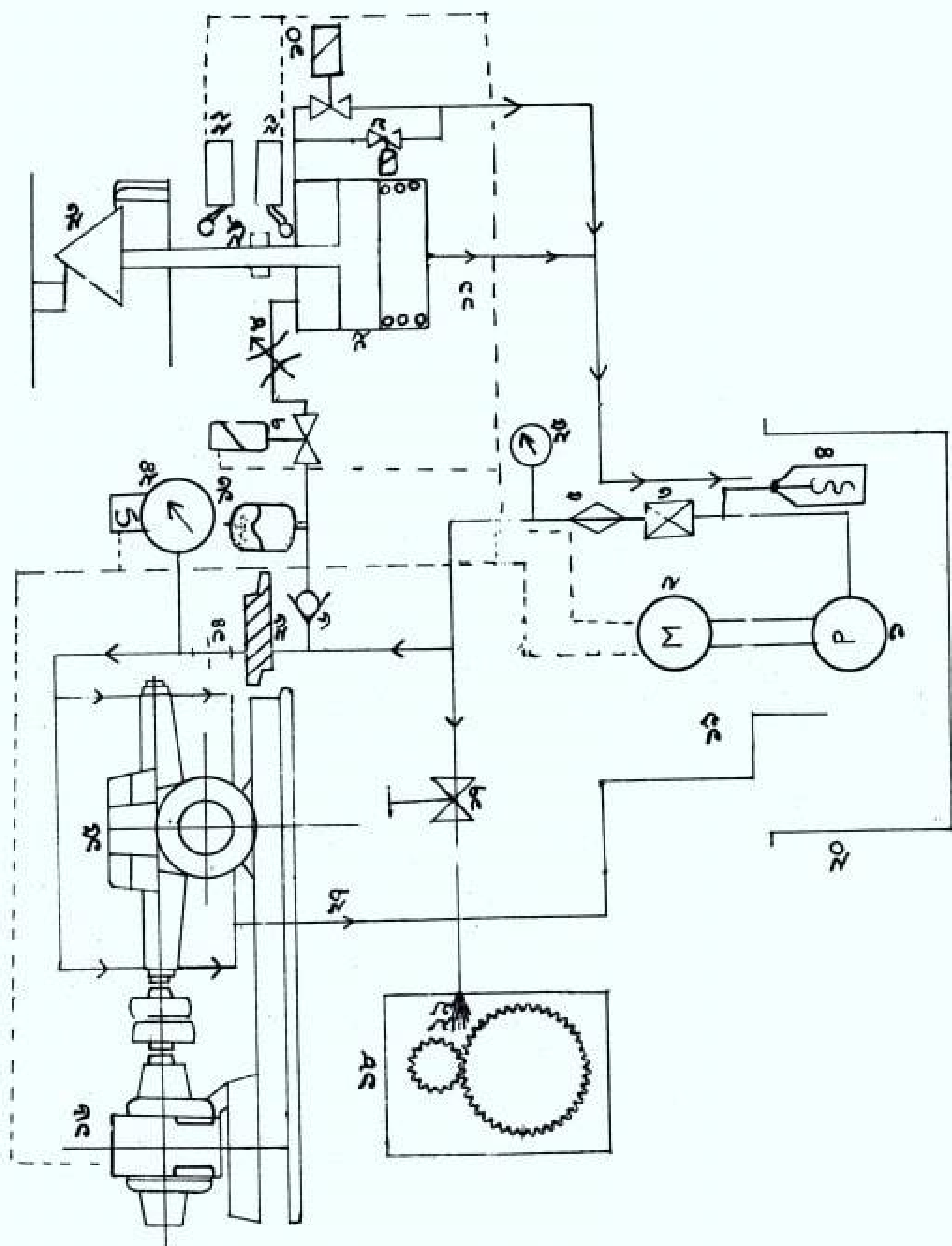
কি ধরনের পাম্প ও কোন সাইজের পাম্প ব্যবহার করা উচিৎ তা নির্ভর করবে হাইড্রোলিক পদ্ধতি ও তার কার্য্য ক্ষমতার উপর।

হাইড্রোলিক সার্কিট (Hydraulic circuit) ঃ- হাইড্রোলিক পদ্ধতিকে যথাযতঃ কাজে লাগানোর জন্য হাইড্রোলিক সার্কিটের প্রয়োজন।

৮২ নং চিত্রের সাহায্যে হাইড্রোলিক সার্কিটের কার্য্য পদ্ধিতি বুঝান হল।

উল্লেখিত নকসা কোন একটি প্রসেস ফেক্টরীর একটি হাইড্রোলিক নিয়ন্ত্রন সার্কিট। এর মধ্যে ২৩নং একটি পানি অথবা ফেক্টরী প্রসেসের কোন তরল পদার্থ প্রবাহ লাইনের বড় ভাল্ব যা বৈদ্যুতিক ইশারায় অথবা প্রসেসের প্রয়োজনে আপনা আপনি খোলবে। খোলার সময় ভাল্বটি ধীরে ধীরে খোলা উচিৎ এবং বন্ধ হওয়ার সময় সাধারণ ভাবে ধীরে বন্ধ হবে। তবে বিশেষ প্রয়োজনে ভাল্বটি যেন হঠাৎ তাড়াতাড়ি বন্ধ করা যায় তার ব্যবস্থাও থাকতে হবে। ১৫ নং একটি বড় পাম্প যা উত্তপ্ত পানি পাম্প করে অন্যত্র পাঠায়। এর বিয়ারিংগুলি স্লিভ বিয়ারিং যেখানে পাম্প চলার সময় সর্বদা লুব্রিকেটিং তেল প্রবাহ থাকা প্রয়োজন। ১৮ নং ফেক্টরীর কোন একটি যন্ত্রের রিডাকসন গিয়ার (Reduction Gear) যার গতি দ্রুত হওয়ায় সেখানে তেলের স্প্রের ব্যবস্থা থাকা দরকার। উপরের সব প্রয়োজনগুলি একটি হাইড্রোলিক সার্কিটের মাধ্যমে অতি সহজে সমাধা করা হয়েছে।

১নং পাম্প নির্ধারিত হাইড্রোলিক লুব ওয়েল পাম্প করে সার্কিটে সরবরাহ করছে যা ৩নং চেক ভাল্ব,৫নং ছাকনির ভিতর দিয়ে প্রবাহিত হচ্ছে। ৪নং একটি সেফটি বা প্রেসার রেগুলেটিং ভাল্ব যা পাম্পের প্রেসার অতিরিক্ত হলে তাহা নিয়ন্ত্রন করতে সাহায্য করে। ২৫নং একটি প্রেসার গেজ যেখানে প্রেসার কত তাহা দেখা যায়। এর পর তেলের লাইন দুটি ভাগে ভাগ হয়ে যায়। একটি লাইন সার্বোমটর নিয়ন্ত্রনের কাজে যায়, অন্যটি বড় পাম্পের বিয়ারিং ও গিয়ার তৈলাক্ত করার কাজে যায়। প্রথম লাইনটি চেক ভাল্ব ৬, সলেনয়েড ভাল্ব ৭ ও এডজাষ্টেবল অরিফিস ৮ এর মাধ্যমে তেলের প্রবাহকে সার্বোমটরে পৌছায়। আবার সার্বোমটর হতে তেল ৯ বা ৯ ও ১০ উভয় সলেনয়েড ভাল্বের মধ্যে দিয়ে প্রবাহিত হয়ে তেলের টেঙ্কে ফেরৎ আসে। যখন ২৩ নং বড় ভাল্বটিকে খোলা



চিত্র নং—৮২, একটি হাইড্রোলিক নিয়ন্ত্রন সার্কিটের উদাহরণ।

হাইড্রোলিক নিয়ন্ত্রন সার্কিট চিত্রের সাংকেতিক চিহ্ন সমূহের নাম ও সংখ্যা পরিচয়ঃ

১ – হাইড্রোলিক লুবওয়েল পাম্প
১ – লুব ওয়েল পাম্প মটর
৩ – চেক ভাল্ব
৪ – সেফ্‌টি ভাল্ব
৫ – ছাকনি
৬ – চেক ভাল্ব
৭ – সলেনয়েড ভাল্ব
৮ – এডজাস্টেবল অরিফিস
৯ – সলেনয়েড ভাল্ব
১০ – ”
১১ – তেলের লাইন
১২ – হাইড্রোমটর
১৩ – একুমুলেটর
১৪ – অরিফিস
১৫ – পানির পাম্প
১৬ – পাম্প মটর
১৭ – লাইন ভাল্ব
১৮ – রিডাকসন গিয়ার
১৯ – ভেন্ট
২০ – তেলের টেঙ্ক
২১ – লিমিট সুইচ
২২ – ”
২৩ – প্রবাহ লাইন ভাল্ব
২৪ – প্রেসার গেজ
২৬ – সলেনয়েড ভাল্ব
২৭ – তেলের ড্রেইন লাইন
২৮ – গাইড প্লেট

দরকার তখন ৭নং সলেনয়ড ভাল্ব খুলে যায় এবং ৯ ও ১০ ভাল্ব বন্ধ থাকে। ভাল্বটি কি পরিমাণ ধীর গতিতে খুলবে তা ৮নং এডজাষ্টবল অরিফিসকে ঘুরিয়ে নির্ধারিত করা হয়েছে। ইচ্ছা করলে গতির পরিবর্তন করা যাবে। সার্বোমটর ও ভাল্বের কাপলিং'এর সাথে ২৮নং একটি গাইড প্লেট আছে। সার্বোমটর নীচের দিকে যাওয়ার সাথে সাথে এই প্লেটও নীচের দিকে আসে এবং ভাল্ব খোলার কাজ শেষ হলে এই প্লেট ২১ নং লিমিট সুইচের মাথায় ঠেকে গিয়ে সুইচকে কাজ করায়। তখন এখান থেকে বিদ্যুৎ ইশারা (চিত্রে ডট লাইন দ্বারা দেখান হয়েছে।) ৭নং সলেনয়েডকে ইংগিত দিলে ঐ ভাল্ব বন্ধ হয়ে যায়। যতক্ষণ ২৩নং ভাল্ব খোলা থাকা দরকার সার্বোমটর এই অবস্থায়ই থেকে যাবে। পাম্প থেকে আর তেল প্রবাহের দরকার হবে না। কোথাও কোন লিকের জন্য তেলের সামান্য ঘাটতি হলে ১৩নং একুমুলেটরই তাহা পূর্ণ করবে। আবার যখন ২৩নং ভাল্বটি বন্ধ করার দরকার হবে তখন ৯নং সলেনয়েড ভাল্ব খুলে যাবে বা ইহাকে খোলে দেয়া হবে। তখন তেল সার্বোমটর হতে বেরিয়ে যাবে ও সার্বোমটরের পিষ্টন স্প্রিং'এর চাপে উপরের দিকে উঠে আসবে। তেলকে যতটা তাড়াতাড়ি ড্রেইন করা যাবে পিষ্টনটি তত শীঘ্র উপরের দিকে উঠে ২৩নং ভাল্বকে বন্ধ করবে। ৯নং ভাল্ব খুলে দিলে পিষ্টন সাধারণ গতিতে ভাল্বকে বন্ধ করবে। যদি প্রসেসের প্রয়োজনে বা কোথাও লাইন ফেটে গেলে বা অন্য ত্রুটি দেখা দিলে,যার জন্য ২৩নং ভাল্বকে শীঘ্র বন্ধ করা দরকার, তখন ৯নং এর সাথে ১০নং সলেনয়েড ভাল্বকেও খুলে দেয়া হবে যাতে তেল শীঘ্র ড্রেন হয়ে যায়। ভাল্ব যখন বন্ধ হবে তখন ২৮ নং প্লেট ২২ নং লিমিট সুইচে ঠেকবে। তখন ১০ ও ৯ নং ভাল্ব বন্ধ হয়ে যাবে। সিলিন্ডারের নীচে কোন তেল জমা হলে তাহা ১১ নং ভেন্ট লাইনে গিয়ে ড্রেইন লাইনে চলে যাবে। ২১ ও২২ নং সুইচ ভাল্বটি খোলা না বন্ধ এই খবর প্রসেসের অন্যত্রও পৌছিয়ে দিবে। পাম্প, সার্ভোমটর ও ভাল্ব এই অংশগুলিকে নিয়ে একক আলাদা সার্কিট হতে পারে। ডিজাইনের সুবিধা অসুবিধা দেখে এর সিদ্ধান্ত নিতে হবে।

দ্বিতীয় লাইনটি ২৬ নং সলেনয়েড লাইন দিয়ে ১৪নং অরিফিসের মধ্য দিয়ে ১৫ নং বড় পাম্পের দুই দিকের বিয়ারিং'এ তেল যাচ্ছে। ২৪ নং একটি প্রেসার সুইচ গেজ, এতে লাইনের প্রেসার দেখা যায় এবং সাথে একটি সুইচ থাকে যা নির্ধারিত প্রেসার লাইনে থাকলে বিদ্যুৎ লাইন সংযুক্ত হয় এবং পাম্পের মটরের ব্রেকারে বৈদ্যুতিক সংকেত পাঠায়। অর্থাৎ ১৬ নং মটরটি চালু হতে হলে

২৬ নং ভাল্ব খোলা থাকতে হবে এবং লাইনে যথেষ্ট চাপ থাকতে হবে, এই শর্ত পুরণ হয়েছে কিনা বৈদ্যুতিক তারের সাহায্যে এই খবর মটরের ব্রেকারে গেলে মরটকে চালান সম্ভব। বিয়ারিং যেন তেল শূন্য ভাবে না চলে সেজন্য এই সতর্কতা অবলম্বন করা হয়েছে। বিয়ারিং'এ তেলের পরিমাণ মূল লাইনের প্রবাহের সামান্য অংশ হলেই চলতে পারে। ১৪নং অরিফিসের সাহায্যে তেলের প্রবাহ কমিয়ে নেয়া হয়েছে। অতপর বিয়ারিং থেকে তেল ড্রেন হয়ে ২৭ নং লাইনের মাধ্যমে পুনরায় তেলের টেংকে ২০ নং এ ফেরৎ চলে যাবে। ১৮নং এ একটি রিডাকসন গিয়ার আছে। ১৭নং ভাল্ব খুলে দিলে তেল ২৮নং স্প্রে নজলের মাধ্যমে গিয়ার সমূহে ছিটিয়ে দিবে। ঐ যন্ত্র টি যখন চলবে তখন ১৭ নং ভাল্বটি হাতে খোলে দিতে হবে।

উদাহরণস্বরূপ উপরের হাইড্রোলিক সার্কিট সম্পর্কে বলা হল। এখন এর মধ্যে কি কি ত্রুটি হতে পারে এবং তার নিরসন কিভাবে হবে সে সম্পর্কে জানা দরকার।

ক) ২৫নং প্রেসার গেজে প্রেসার দেখাচ্ছে না। হতে পারে গেজ খারাপ অথবা পাম্প চলছে না। সেক্ষেত্রে পাম্পে কি ত্রুটি আছে বা মটর ঘুরছে কিনা দেখা দরকার। অতপর প্রেসার গেজকে পরীক্ষা করে দেখতে হবে।

খ) ২৫নং প্রেসার গেজে প্রেসার কম দেখাচ্ছে, পাম্প হয়ত ঠিক ভাবে চলছে না। ৫নং ছাকনিতে বেশী ময়লা জমে গেছে সুতরাং পরিষ্কার করা দরকার। অথবা ৪নং ভাল্ব দিয়ে তেল লিক করে চলে যাচ্ছে যা পুনরায় এডজাষ্ট করা প্রয়োজন।

গ) ১২নং সার্বোমটর কাজ করছে না। হতে পারে ৭নং সলেনয়েড ভাল্ব খোলছেনা অথবা ৯ বা ১০ নং ভাল্ব ভুলে খোলে আছে। পরীক্ষা করে ত্রুটি বের করতে হবে।

ঘ) ২৩নং ভাল্ব খুব তাড়াতাড়ি খোলে যাচ্ছে। সেই ক্ষেত্রে ৮নং অরিফিসকে এডজাষ্ট করে তেল প্রবাহ কমিয়ে দিতে হবে।

ঙ) ২৩নং ভাল্ব সম্পূর্ন খোলছে না। অর্থাৎ পিস্টন সম্পূর্ন নীচে নামার আগে থেমে যাচ্ছে। অর্থাৎ ২৬নং প্লেট আগেই ২১ নং লিমিট সুইচে ঠেকে যাচ্ছে। সুতরাং সুইচটিকে আরেকটু নীচে নামিয়ে দিতে হবে।

চ) পিষ্টন খুব ধীরগতিতে নীচে যাচ্ছে। অর্থাৎ ৮ও৭ নং দিয়ে সঠিক পরিমাণ তেল আসছে না। পরীক্ষা করে দেখতে হবে। যদি উভয় যন্ত্রাংশ ঠিক থাকে তবে বুঝতে হবে পিষ্টনের সীলরিং নষ্ট হয়ে গেছে বা সিলিন্ডারের গায়ে মোটা আচড় লেগেছে যার জন্য তেল লিক করে ১১ নং লাইন দিয়ে ড্রেনে চলে যাচ্ছে।

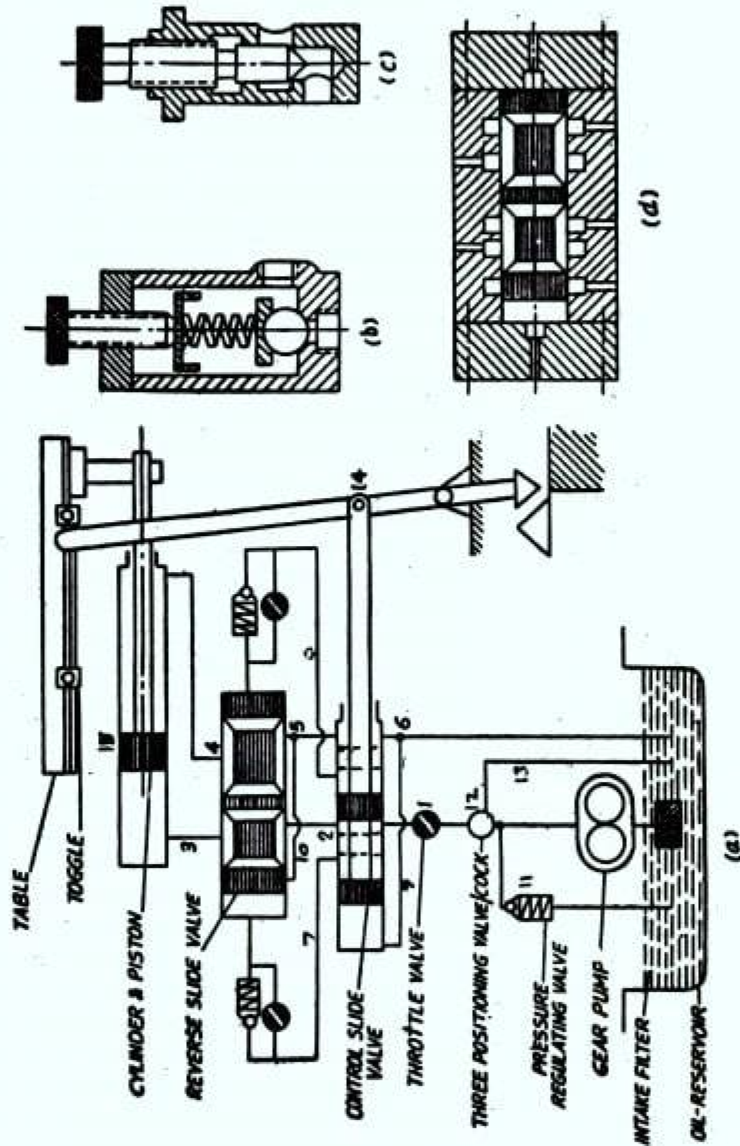
ছ) ১৫নং পাম্পকে চালু করা যাচ্ছেনা। অর্থাৎ তেলের লাইনে প্রেসার কম। বা ২৬নং ভাল্ব খুলছে না যা পরীক্ষা করে দেখা দরকার।

জ) ১৮নং গিয়ার বক্সে তাপ মাত্রা বেশী দেখাচ্ছে। অর্থাৎ তেল স্প্রে হচ্ছে না বা পরিমাণ কম। ভাল্ব খোলা হয়েছে কিনা বা খোলার মাত্রা আরেকটু ঘুরিয়ে দেয়া যেতে পারে।

এমনিভাবে সার্কিটে নানাবিধ ত্রুটি দেখা দিতে পারে। যা পরীক্ষা নিরীক্ষার মাধ্যমে ত্রুটির কারণ বের করে তার ব্যবস্থা নিতে হবে।

হাইড্রোলিক পদ্ধতির আরেকটি চিত্র; ইহা একটি ব্যতিহারী (Reciprocating) টেবিলের নিয়ন্ত্রন। অর্থাৎ এই টেবিলটি আপনা আপনি সামনে পিছনে সঞ্চালিত হতে হবে। ইহা একটি সেপার মেসিন অথবা কোন যন্ত্রের সাটেল হতে পারে। একটি গিয়ার পাম্প চালিয়ে চাপযুক্ত হাইড্রোলিক তেল সার্কিটে পাঠানো হয়।

সংক্ষেপে বলতে গেলে এর কার্য্য পদ্ধতি হল যে তেল কন্ট্রোল ভাল্ব ও স্লাইড ভাল্বের মধ্য দিয়ে অর্থাৎ ১,২,৩,লাইন দিয়ে সিলিন্ডার পিস্টনের পিছনের অংশে গিয়ে ঢুকবে। আর সিলিন্ডার থেকে তেল ৪,৫,৬, লাইন দিয়ে তেল টেংকে ফেরৎ আসবে। বর্তমান অবস্থায় পিষ্টন সর্ব বামে আছে এবং স্লাইড ভাল্বের পিষ্টন সর্বডানে আছে। এখন পিষ্টন তেলের চাপে সামনের দিকে অর্থাৎ ডান দিকে আগাতে থাকবে। পিষ্টনের শেষ প্রান্তে সংযুক্ত বড় টেবিলকে সামনের দিকে টেনে নিয়ে আসবে। পিষ্টন রডের মাঝামাঝি টোগল রড সংযুক্ত আছে। ইহাও সামনের দিকে আসতে থাকবে। এই রডের নীচের অংশে ১৪নং বিন্দুতে কন্ট্রোল ভাল্বের পিষ্টন রড সংযুক্ত আছে। সুতরাং একই সাথে কন্ট্রোল ভাল্ব পিস্টনও আগাতে থাকবে। এখন পিষ্টন (১৫নং) যখন তার সঞ্চালন পুর্ণ করে ডান প্রান্তে পৌছাবে তখন কন্ট্রোল ভাল্বের নূতন এক অবস্থান হবে যাহা ডট দ্বারা দেখান হয়েছে। এই



HYDRAULIC SYSTEM

(a) HYDRULIC SCHEME FOR OBTAINING RECIPROCATING MOTION

(b) PRESSURE REGULATING VALVE (c) THROTTLE VALVE (d) REVERSE SLIDE VALV

চিত্র নং ৮৩ একটি ব্যতিহারী টেবিলের নিয়ন্ত্রন সার্কিট।

অবস্থায় তেল ১ ও ৮ লাইন দিয়ে স্লাইড ভাল্বের ডানে ঢুকবে আর বাম দিকের তেল ৭ ও ৯ নং লাইন দিয়ে ড্রেন হয়ে যাবে। ফলে স্লাইড ভাল্ব বাম দিকে সরে নূতন এক অবস্থায় আসবে যার ফলে চাপযুক্ত তেল ১,২,৪ লাইন দিয়ে পিষ্টনের ডান দিকে গিয়ে ঢুকবে। আর পিষ্টনের বাম দিকের তেল ৩,১০, ৫,৬ হয়ে টেংকে ফেরৎ যাবে। তখন পিষ্টন পুনরায় বাম দিকে সঞ্চালিত হতে থাকবে এবং টেবিলকে বাম দিকে ঠেলে নিয়ে আসবে। সাথে সাথে টগল রডও ডান দিকে সরে সরে পূর্বের অবস্থায় আসবে এবং কন্ট্রোল ভাল্বের অবস্থানের পরিবর্তন করে দিবে। এমনি ভাবে পিষ্টন সামনে পিছনে হবে এবং উপরের টেবিলও রেসিপ্রোকেট (Reciprocate) করতে থাকবে।

১নং থ্রটল ভাল্বের আলাদা ছবি পাশে (c) দেখান হয়েছে। এই ভাল্বের সাহায্যে তেলের প্রবাহ কম বেশী করা যায় এবং সেই হারে টগলের গতি মন্থর বা দ্রুত হয়।

স্লাইড ভাল্বের আলাদা ছবি (d) থেকে তেলের পোর্টগুলি পরিষ্কার বুঝা যায়। স্লাইড ভাল্বে তেল ঢুকার সময় চেক ভাল্বের মধ্য দিয়ে ঢুকে এবং অন্য দিকে ড্রেন লাইন দিয়ে তেল বের হয়ে যায়। ইহা স্লাইড ভাল্বের ভিতর পতিত পিষ্টনের তেলে যেন কোন শক (shock) বা কম্পন সৃষ্টি না করে নিয়ন্ত্রিত অবস্থায় ঢুকতে পারে এবং বের হতে পারে সে জন্য করা হয়েছে। ১১নং প্রেসার রেগুলেটিং ভাল্বের আলাদা ছবি (b) থেকে এর বল স্প্রিং ও হেন্ডেল দেখা যাচ্ছে যার মাধ্যমে চাপ নিয়ন্ত্রন সম্ভব।

নীচের ১২ নং ভাল্বটি তিন পথ বিশিষ্ট একটি কক (Three positioning valve /cock) এবং একটি হ্যান্ডেল দ্বারা ইহার দিক পরিবর্তন করা হয়। হ্যান্ডেলটি যখন ১নং লাইন বরাবর থাকে তখন তেল উপরের সার্কিটে যায়। যখন হ্যান্ডেল টি ৯০° ঘুরিয়ে দেয়া হয় তখন তেল সার্কিটে না গিয়ে ১৩নং পথ দিয়ে তেল টেংকে চলে আসে। সুতরাং যে কোন সময় টগল সঞ্চালন বন্ধ করতে হলে ভাল্বটির হ্যান্ডেল ঘুরিয়ে দিতে হবে।

হাইড্রোলিক সার্কিট এবং ড্রাইভ সম্পর্কে ধারনা দেয়া হয়েছে। এখন যান্ত্রিক ড্রাইভ থেকে হাইড্রোলিক ড্রাইভের উল্লেখযোগ্য সুবিধা সমুহ নিম্নে লিখা হল ঃ

১। হাইড্রোলিকের সাহায্যে দাপহীন (stepless) গতি নিয়ন্ত্রন সম্ভব। অর্থাৎ উচ্চ গতি থেকে নিম্ন গতিতে যেতে অথবা একই সাথে বিভিন্ন গতির নিয়ন্ত্রন করতে কোন রিডাকসন গিয়ার, বেল্ট বা কানেকটিং রড ইত্যাদির প্রয়োজন হয় না।

২। হাইড্রোলিক সার্কিট দ্বারা নিয়ন্ত্রন কাজ সরল ও সহজ।

৩। শক্তি স্থানান্তর বা গতি স্থানান্তর কৌশল অল্প পরিসর স্থানে সংকুলান করা যায়।

৪। হাইড্রোলিক পদ্ধতি দীর্ঘদিন যাবৎ যন্ত্র সংরক্ষণ ছাড়াই চলতে পারে। ক্রুটির মাত্রাও খুব কম। যন্ত্রাংশগুলি তৈলাক্ত অবস্থায় চলে বলে ক্ষয় কম হয়।

উপরোল্লিখিত সার্কিটে বা এই ধরণের হাইড্রোলিক পদ্ধতিতে ক্রুটির মাত্রা কম, তবুও মাঝে মাঝে ছোট খাট ত্রুটি দেখা যায় যার মেরামতও তেমন কঠিন নয়। সাধারণ ক্রুটি সমূহ এবং তার মেরামত সম্পর্কে নিম্নে বর্ননা করা হলঃ

ক) বিভিন্ন জয়েন্ট, কানেকসন, সিল ও পেকিং থেকে তেল লিক করাঃ– আস্তে আস্তে যন্ত্রাংশে টাইট দিয়ে দেখা যেতে পারে। যদি লিক বন্ধ না হয় তাহলে জয়েন্ট,সিল, পেকিং ইত্যাদি পরিবর্তন করতে হবে।

খ) মেনোমিটার (Manometer or pressure gauge) কম প্রেসার দেখায় ঃ– হতে পারে মেনোমিটার খারাপ, পাম্প সঠিকভাবে চলছে না, ছাকনি ময়লা দ্বারা জাম, লাইনে বাতাস আছে বা পাম্প খারাপ। ক্রুটি অনুসারে ব্যবস্থা নিতে হবে।

গ) হাইড্রোলিক পদ্ধতিতে বেশী শব্দ বা নয়েজ (Noise) ঃ–

১) পাম্পের সাকসান আংশিক বন্ধ বা ময়লাযুক্ত

২) সিস্টেমে বাতাস আছে বা ঢুকেছে।

৩) পাম্পের এলাইনমেন্ট ঠিক নেই।

৪) তেলের পাইপ লাইন তুলনামুলক কম ব্যাসের, ফলে তেলের গতি অতি বেশী যাহা শব্দ সৃষ্টি করছে।

৫) কোথাও নাট বোল্ট লুজ আছে।

ঘ) তেলে এবং তেলের টেংকে অতিরিক্ত ফেনা হয় ঃ- তেলের সাথে বাতাস মিশ্রিত হচ্ছে। সুতরাং বাতাস সিস্টেমে ঢুকার রাস্তা ও সিল পরীক্ষা করতে হবে। পাম্পের সাকসান লাইনের পাইপ বেশ লম্বা বা কোথাও ফাঁক থাকার সম্ভাবনা আছে। তেলের সার্কিট থেকে বাতাসকে ভালভাবে ভেন্ট করে মুক্ত করতে হবে। তেলের টেংকে তেলের পরিমাণ মাত্রারিক্ত হলে বা সাধারন মাত্রার চেয়ে বেশী কম হলেও ফেনা হতে পারে। তেলের সাথে পানি মিশলেও এমন হতে পারে।

ঙ) সার্ভোমটর,রেসিপ্রোকেটিং টেবিল ইত্যাদির গতি কমে যাওয়া বা লোড বাড়ার সাথে সাথে সঞ্চালন শক্তি স্থবির হয়ে আসাঃ-

(১) সিলিন্ডার ও পিস্টন রড পেকিং বা সিল ক্ষয় হয়ে গেছে যা পরিবর্তন দরকার।

(২) পাইপ লাইন বা যন্ত্রাংশের কোথাও লিক হওয়া।

(৩) থ্রটল ভাল্ব বা ফিল্টার চোক বা আংশিক বন্ধ হয়ে যাওয়া।

(৪) দীর্ঘ সময় চলার ফলে তৈল গরম হয়ে গেলে।

চ) আগের সব ভাল্ব ও অরিফিস খোলা থাকা সত্তেও সার্ভোমটরের পিস্টন সঞ্চালিত হয় নাঃ-

(১) সার্ভোমটরে তেল ঢুকার পথ কোন ধাতু কনা দ্বারা বা অন্য কোনভাবে বন্ধ হয়ে গেছে যা পরীক্ষা করে দেখা দরকার ও তার দিয়ে সুচিয়ে পরিষ্কার করাপ্রয়োজন।

(২) পিস্টন রিং ভেংগে যাওয়া বা কাপ ওয়াসার নষ্ট হয়ে যাওয়া। পিস্টন রিং বা কাপ পরিবর্তন আবশ্যক।

ছ) বল টাইপ চেক ভাল্ব দিয়ে তেল লিক করা ঃ–

(১) বলের গায়ে আচড় পড়া বা ছোট ছোট স্পট পড়া। এই ক্ষেত্রে বল পরিবর্তন বা ভাল্ব পরিবর্তন দরকার।

(২) বল ঠিক আছে কিন্তু সিটে দাগ বা আচড় আছে। সেক্ষেত্রে বলকে সিটের উপর রেখে তামার রড দিয়ে আঘাত করতে হবে যেন বল সিটকে চাপ দিয়ে সঠিক করতে পারে। অথবা হালকা লেপিং করা যেতে পারে।

জ) অন্য সব ঠিক আছে এই অবস্থায় পাম্প চলা সত্ত্বেও উপযুক্ত প্রেসার তুলতে পারছেনাঃ–

(১) পাম্প গিয়ার ক্ষয় হয়ে গেছে। গিয়ার ও বডির মধ্যে ক্লিয়ারেন্স বেড়ে গেছে। সুতরাং গিয়ার পরিবর্তন করা দরকার। আর তা সম্ভব না হলে বডি ও গিয়ারের মেরামত করে ফাঁক কমিয়ে আনতে হবে।

(২) পাম্প ইমপেলার ক্ষয় হয়ে গেছে বা ভেংগে গেছে। অর্থাৎ ওয়েরিং রিং ক্ষয় হয়ে গিয়ে ক্লিয়ারেন্স বেড়ে গেছে। এমনও হতে পারে যে সাষ্ট ঘুরছে কিন্তু ইম্পেলার ঘুরছে না। সুতরাং পাম্প খোলে পরীক্ষা করে দেখা দরকার ও মেরামত আবশ্যক।

(৩) পাম্পের ত্রুটি নিরুপন এবং আলাদাভাবে পরীক্ষা (Test) করা উচিৎ।

হাইড্রোলিক পদ্ধতির সংরক্ষণ ঃ–হাইড্রোলিক পদ্ধতিতে প্রবাহিত তরল পদার্থ অর্থাৎ হাইড্রোলিক তেল মূল প্রাণ ও সর্বত্র শক্তি সঞ্চারক। এই তেল সম্পূর্ন ময়লা, বালি বা ধাতুকনা মুক্ত হতে হবে এবং সর্বদা ময়লা মুক্ত রাখতে হবে। সে জন্য টেঙ্কে ঢালার আগে তা ভালভাবে পরিষ্কার করতে হবে এবং কেরোসিন বা থিনার দিয়ে টেঙ্ককে ধৌত করতে হবে। সমস্ত পাইপ লাইন পরিষ্কার করে কম্প্রেসড বাতাস দিয়ে সাফ করতে হবে। পাইপ লাইন, টেঙ্ক ইত্যাদির বাহির দিক পরিষ্কার করে পেইন্ট করে দিতে হবে যেন মরিচা না পড়ে। তেলের টেঙ্ক সর্বদা ঢেকে রাখতে হবে এবং ভেন্টিং’এর জন্য উপরে বাকা খোলা পাইপ বা এয়ার ব্রিথার লাগিয়ে দিতে হবে। বড় বড় তেলের টেঙ্কের উপরে

এয়ার একজষ্ট ফেন (Air exhaust fan) লাগান থাকে।

তেলের টেঙ্কে বা পাম্পের সাকসানের আগে জালি (Strainer) থাকা উচিৎ। পাম্পের পরে প্রবাহ লাইনে অবশ্যই ছাকনি থাকতে হবে। এমনকি প্রত্যেক যন্ত্রে তেল ঢুকার পূর্বেও দরকার মনে করলে ছাক্‌নি দেয়া যেতে পারে। কারণ পাইপের ভিতর দিয়ে আসার সময় কোন জয়েন্ট বা পুরান ওয়েল্ডিং থেকে ধাতু কনা নিয়ে আসলে তা সিলিন্ডার সারফেস বা বিয়ারিং'এর ক্ষতি করতে পারে। বড় কথা হল যে নিয়মিত তেলের ছাকনি পরিষ্কার করতে হবে।

হাইড্রোলিক পদ্ধতির কোন যন্ত্র বা যন্ত্রাংশে কাজ করার পর উহার মধ্যে স্পষ্ট কোন আল থাকলে তা স্ক্রেপ করতে হবে। যন্ত্রাংশ সংযোজন করার সময় পরিষ্কার পরিচ্ছন্নতা বজায় রাখতে হবে এবং যন্ত্রাংশ কেরোসিনে পরিষ্কার করে পরিচ্ছন্ন কাপড় দিয়ে মুছতে হবে।

কোথাও তেল লিক করতে দেখলে তা যতটা তাড়াতাড়ি সম্ভব বন্ধ করার ব্যবস্থা করতে হবে। যদি লিক সামান্য হয় তবে তা সংগ্রহ করার ব্যবস্থা করতে হবে যেন মেঝেতে বা পাইপে ছাড়িয়ে না পরে, কেননা এতে অগ্নি সংযোগ হওয়ার সম্ভাবনা থাকে।

এছাড়া প্রতি পাঁচ–সাত বৎসর পরপর সার্কিটের বিভিন্ন যন্ত্রাংশ খোলে পরীক্ষা করে দেখা, প্রয়োজনে মেরামত করা, পরিস্কার পরিচ্ছন্ন করা এবং সংযোজনের পর কার্য্য ক্ষমতা পরীক্ষা করে দেখা সংরক্ষণের অন্তর্ভূক্ত।

ত্রয়োদশ অধ্যায়

ওয়েল্ডিং
(WELDING)

দুই বা ততোধিক ধাতু খন্ডকে উত্তপ্ত করে চাপের সাহায্যে অথবা চাপ ব্যতীত গলন পর্যায়ে সমাকার মিলনের মাধ্যমে জোড়নকে ওয়েল্ডিং বলে। ওয়েল্ডিং কারিগরী ক্ষেত্রে যথেষ্ট অবদান রেখেছে। বিশেষ করে যন্ত্র সংরক্ষণ ক্ষেত্রে এর গুরুত্ব অনিস্বীকার্য্য। কোন যন্ত্রাংশ ভেংগে গেলে, ক্ষয় হয়ে গেলে অথবা নুতন যন্ত্রাংশ তৈরীতে ওয়েল্ডিং পদ্ধতি বা গলন জোড় বেশ কাজে লাগে। কোন কারখানা স্থাপনের সময় বিভিন্ন যন্ত্রের ফ্রেম, সাপোর্ট, পাইপ লাইন, ভাল্ব ইত্যাদি সংযোজন ও সংস্থাপন করার জন্য ওয়েল্ডিং এর প্রয়োজন হয়। ধাতু ছাড়া প্লাষ্টিক বা এই জাতীয় অধাতুর ওয়েল্ডিং করা সম্ভব। যার প্রচলন খুব কম। তাপ প্রয়োগ ছাড়াও আজকাল শুধুমাত্র চাপ প্রয়োগের মাধ্যমে ঠান্ডা প্রকৃতির ওয়েল্ডিং করা হয়ে থাকে যা ক্ষেত্র বিশেষে প্রয়োজন হয়। আবার বিভিন্ন কম- পাউন্ড, তরল সলিউসন, রেজিন, পাউডার, পুটি এবং বিস্ফোরক মিশ্রণ দ্বারাও ধাতু খন্ডকে জোড়া দেয়ার পদ্ধতি প্রচলন হয়েছে। কিন্তু উহার জোড় তত শক্তিশালী নয়, খরচও বেশী। ফলে ছোট খাট কাজে অব্যবহারযোগ্য। যাহা হউক, ওয়েল্ডিং বলতে আমরা তাপের ও চাপের সাহায্যে বা শুধু তাপের সাহায্যে ধাতুকনার ফিউসন হয়ে জোড়া লাগাকেই বুঝব এবং এই সম্পর্কেই আলোচনা করব।

ওয়েল্ডিং'এর প্রকার ভেদকে প্রধানতঃ দুইটি ভাগে বিভক্ত করা যেতে পারে। যথা–প্রেসার ওয়েল্ডিং ও ফিউসন ওয়েল্ডিং। উভয় প্রকার ওয়েল্ডিং পদ্ধতিতে তাপ প্রয়োগ প্রয়োজন। ধাতুকে জোড়া দেয়ার জন্য এই তাপ প্রয়োগের পদ্ধতিই প্রধান ভূমিকা পালন করে। ধাতু জোড়নের উদ্দেশ্য মোতাবেক ধাতুকে পাঁচ ভাবে উত্তপ্ত করা যায়। যেমন–

১। আগুন বা কয়লার চুল্লীতে, ২। গ্যাস শিখায় ৩। বৈদ্যুতিক স্ফুলিংগ বৃত্ত দ্বারা, ৪। বৈদ্যুতিক রেসিসটেন্সের মাধ্যমে, ৫। থারমিট প্রক্রিয়া অর্থাৎ মিহি বিস্ফোরক ধাতু পাউডারে অগ্নিসংযোগ করে।

বিভিন্ন পদ্ধতির ওয়েল্ডিং এই তাপ প্রক্রিয়ার উপরই নির্ভরশীল। নিম্নে প্রধান প্রধান কয়েকটি ওয়েল্ডিং পদ্ধতির বিবরন দেয়া হলঃ

ফোর্জ ওয়েল্ডিং (Forge Welding) :– কামারশালায় ধাতু খন্ডদ্বয়কে চুল্লীতে গরম করে একটি অন্যটির সাথে হাতুড়ি দ্বারা পিটিয়ে যে জোড়া দেয়া হয় তাহাই ফোর্জ ওয়েল্ডিং। এই পদ্ধতিতে ধাতুকে গরম করে প্লাষ্টিক পর্যায়ে নিয়ে যাওয়া হয়। তাপে ধাতুকে এমনভাবে গরম করা হয় যে চাপ দিলে তার আকৃতি সহজে পরিবর্তন হয়। অতপর আঘাত জনিত চাপের ফলে ধাতুর অনুগুলির মিলন ঘটে এবং ঠান্ডা হওয়ার পর জোড়া লেগে যায়। তাপ কম হলে ভাল জোড়া হয় না। কর্মকার তার অভিজ্ঞতা হতে উত্তপ্ত ধাতু অংশদ্বয়ের রং দেখে অবস্থা বা তাপমাত্রা বুঝতে পারে। এই পদ্ধতিতে লোহা বা নরম ইস্পাত জোড়ন হয়ে থাকে। তবে ব্রোঞ্জ বা এলমোনিয়াম এলয়ও জোড়া দেয়া যায়। লোহা বা ইস্পাতের প্লাষ্টিক পর্যায়ের তাপমাত্রা ১৯০০–২৩০০°F, ব্রাস ও ব্রোঞ্জের তাপমাত্রা ১১০০ –১৭০০°F এবং এলুমিনিয়াম ও মেগনেসিয়াম এলয়ের তাপমাত্রা ৬৫০– ৯০০°F পর্যন্ত হয়ে থাকে। কামারশালা ছাড়া কলে কারখানায় ইম্প্রেসন ডাই, প্রেস মেশিনে বা বৈদ্যুতিক চুল্লী দ্বারা ফোর্জ ওয়েল্ডিং করা হয়ে থাকে।

ফোর্জ ওয়েল্ডিং একটি প্রাচীন পদ্ধতি। এর অসুবিধা হল এই যে ধাতুকে চুল্লী হতে বের করে জোড়ানের সময় তাপমাত্রা দ্রুত কমতে থাকে, ফলে জোড়ানের সময়ও সীমাবদ্ধ হয়ে পড়ে। তাছাড়া উত্তপ্ত ধাতুকে যে ডাই বা এনভেলের উপর রাখা হয় তা তাপ টেনে নেয়। অন্য আরেকটি অসুবিধা হল আঘাত বা চাপের ফলে বস্তুর আকৃতির পরিবর্তন হয় যার মাপ অনেক সময় আয়ত্তের মধ্যে রাখা যায় না।

ফোর্জ ওয়েল্ডিং দ্বারা সাধারণ প্রকৃতির জোড়ন হয়ে থাকে। যেমন দা,কুড়াল,চেইন ইত্যাদি তৈয়ার হয়ে থাকে। অধিক ওজনের কাজের জন্য এই জোড়ন উপযুক্ত নহে।

রেসিসটেন্স ওয়েল্ডিং (Resistance Welding) ঃ– বিদুৎ প্রবাহে বাধা সৃষ্টি করলে তাপ সৃষ্টি হয় ইহা আমরা জানি। বৈদ্যুতিক ইস্ত্রি বা হিটার কয়েলের মধ্যে দিয়ে বিদ্যুৎ চলার সময় বাধাপ্রাপ্ত হয়ে উহাকে উত্তপ্ত করে। এই পদ্ধতিকে কাজে লাগিয়ে দুটি কারবন বা টাঙ্গষ্টেন রডের টিপের মধ্যে ধাতুখন্ডদ্বয়কে রেখে বিদ্যুৎ প্রবাহ চালিত করলে তাহা উত্তপ্ত হয় এবং একই সময় মেসিনের সাহায্যে ঐ টিপে চাপ প্রয়োগ করলে ধাতুদ্বয় জোড়া লেগে যায়। এই পদ্ধতির একটি সুবিধা হল এই যে জোড়নের সময় তাপ কমে যায় না। অপরদিকে জোড়া দেয়ার কাজে কোন ফিলার রডও লাগে না। এই ধরনের ওয়েল্ডিং'এর জন্য মেসিনের আশ্রয় নিতে হয়। কাজের পরিমাপ ও প্রকৃতি অনুসারে মেসিনের ভিন্নতা হয়ে থাকে এবং বিদ্যুৎ প্রবাহের ক্ষমতাও কম বেশী হয়ে থাকে। এই পদ্ধতিতে অল্প সময়ে অধিক সাধারণ জোড়ন দেয়া সম্ভব বলে অধিক বা অসংখ্য উৎপাদনের (mass production)এ কাজে ব্যবহৃত হয়। যেমন ড্রাম, পাইপ, টেঙ্ক তৈয়ারীর কারখানায় যন্ত্রের সাহায্যে এইভাবে জোড়ন কাজ হয়ে থাকে। এই জোড়ন পদ্ধতি বিভিন্ন রকমে হয়ে থাকে। যথা– স্পট ওয়েল্ডিং অর্থাৎ ছোট ছোট স্পট বা টেপের মাধ্যমে ওয়েল্ডিং করা। ২। সীম ওয়েল্ডিং অর্থাৎ স্পটের পরিবর্তে একাধারে হালকাভাবে জোড়ন হয়ে যাওয়া। এখানে তাপ প্রয়োগের জন্য টিপ না হয়ে দুটি রোলার ধরনের হয়ে থাকে যাহার মধ্য দিয়ে জব চলতে থাকে এবং চাপের মাধ্যমে জোড়তে থাকে। অধিক টিউব বা পাইপ সীম ওয়েল্ডিং দ্বারা জোড়া দেয়া হয়ে থাকে।

আর্ক ওয়েল্ডিং (Arc welding)ঃ– বর্তমান যুগে আর্ক ওয়েল্ডিং সবচেয়ে জনপ্রিয়। যন্ত্র সংরক্ষণ ক্ষেত্রে এর ব্যবহার ব্যাপক। এই পদ্ধতিতে অতি সহজে অল্প সময়ে মজবুত ওয়েল্ডিং করা সম্ভব। এই কাজের যন্ত্রও সাধারণ ও সুলভ। এই ওয়েল্ডিং'এ ধাতুর রড ইলেকট্রোড হিসাবে ব্যবহৃত হয় এবং বৈদ্যুতিক তারের এক মাথা এর সাথে সংযুক্ত থাকে। তারের অন্য মাথা ধাতুখন্ড যার জোড়া দেয়া হবে তার সাথে সংযুক্ত করা হয়। ইলেকট্রোডকে জব থেকে সামান্য ফাঁকে রেখে ধরা হয়। এই অবস্থায় বিদ্যুৎ প্রবাহ চালু করলে এই ফাঁকা স্থান দিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহিত হওয়ার সময় ইলেকট্রিক আর্ক বা বৈদ্যুতিক বৃত্ত চাপের সৃষ্টি করে যা ধাতুর মধ্যে উচ্চতাপ উৎপন্ন করে এবং ধাতুর ঐ স্থানকে গলিয়ে ফেলে। একই সাথে ইলেকট্রোডও গলে গিয়ে ঐ ফাঁকা স্থানে গলিত

ধাতুর সাথে মিলিত হয় এবং স্থানটিকে ফোঁটায় ফোঁটায় পূর্ন করে। অতপর উহা ঠান্ডা হয়ে জমাট বেধে মূল ধাতুর সাথে মিলে গিয়ে সুন্দর এবং শক্তিশালী জোড়ার সৃষ্টি করে। এই পদ্ধতিতে ধাতু খন্ডদ্বয় ফিউসন পর্যায়ে গিয়ে সমমিলন ঘটায় বলে এই জোড়ার প্রকৃতি মূল ধাতুদ্বয়ের মত শক্তিশালী হয়ে থাকে। ইলেকট্রোডটি মূল ধাতুর অনুরূপ ধাতুর হয়ে থাকে। তবে ধাতু রডের উপর আলাদা একটি ফ্লাক্সের আবরণ থাকে যা ওয়েল্ডিং কাজকে সহজ, সুন্দর ও উন্নতমানের করে তুলে। এই পদ্ধতির ওয়েল্ডিং মেটাল আর্ক ওয়েল্ডিং বা সিল্ডেড মেটাল আর্ক ওয়েল্ডিং (shielded metal arc welding) যাহা সংক্ষেপে SMAW নামে পরিচিত।

আর্ক ওয়েল্ডিং'এ তড়িৎ প্রবাহের পরিমাণ, কাজের প্রকৃতি ও ইলেকট্রোডের সাইজের উপর নির্ভর করে। এই কাজে কম ভোল্টেজে অধিক পরিমাণের বিদ্যুৎ এম্পিয়ার লাগে। ভোলটেজের পরিমাণ সাধারনত ১৫ থেকে ৩০ ভোল্ট এবং বিদ্যুৎ প্রবাহ ২০ থেকে ১০০০ এম্পেয়ার হয়ে থাকে। কাজের সুবিধা অনুসারে এবং ধাতু ও ইলেকট্রোড অনুযায়ী বিদ্যুৎ প্রবাহ এসি (Alternating Current, AC) বা ডি, সি, (Direct Current, DC) ব্যবহৃত হয়ে থাকে। এ সি না ডি সি কারেন্ট ব্যবহৃত হবে তা নির্বাচন করার সময় যে বিষয়গুলি বিবেচনা করতে হবে তা হলঃ–

১। উচ্চ কারেন্ট ব্যবহারের সময় এ, সি সুন্দর ও সমতালের আর্ক সৃষ্টি করে থাকে।

২। ডি,সি পুলারিটি অনুযায়ী ধনাত্মক (positive) পুলে, ঋনাত্মক (Negatiive) পুল হতে অধিক তাপ তৈরী করে ।ফলে প্রয়োজন অনুসারে জবকে অধিক উত্তপ্ত করবার নিমিত্তে ডি,সির ধনাত্মক পুল জবের সাথে এবং ঋনাত্মক পুল ইলেকট্রোড হোল্ডারের সাথে সংযুক্ত করা হয়ে থাকে। ইহাকে Reverse Polarity বলা হয়। ইলেকট্রোডের গঠন এবং প্রকৃতি অনুসারে ইহার ব্যতিক্রম হতে পারে যাহা প্রস্তুতকারক কর্তৃক নির্দেশিত হয়ে থাকে; এর উল্টা হলে সরল প্রবাহ (Straight polarity) বলা হয়।

৩। উত্তাপ সৃষ্টির বেলায় এ, সি প্রবাহের উভয় পুলই সমান, তাই পুল পরিবর্তনে তেমন কিছু আসে যায় না। তবে এসি'র বেলায় জবে ঋনাত্মক এবং ইলেকট্রোডে ধনাত্মক সংযোগ দেয়া হয়ে থাকে।

৪। কিছু নন–ফেরাস ধাতু ওয়েল্ডিং করার সময় ডি,সি ব্যবহার আবশ্যক হয়ে থাকে।

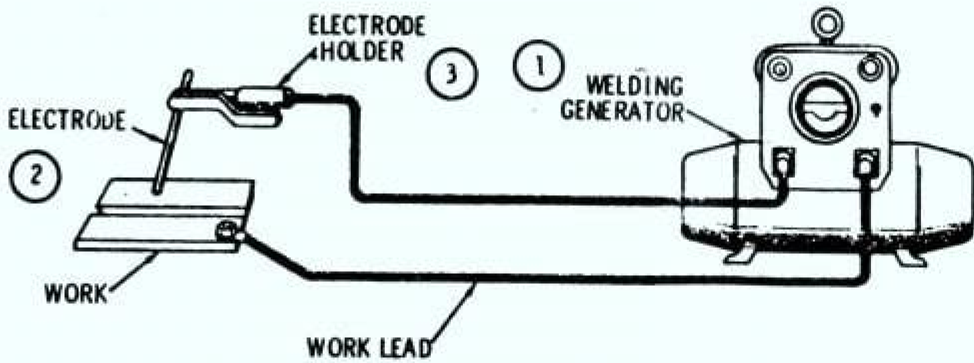
৫। এ, সি সর্বক্ষেত্রে সহজে পাওয়া যায় এবং এর ওয়েল্ডিং মেসিনও সাধারণ প্রকৃতির হয়ে থাকে। যে জন্য এ, সির ব্যবহারই প্রাধান্য পায়।

ওয়েল্ডিং মেসিন বহু প্রকারের এবং আকারের হতে পারে। কাজ এবং মান অনুসারে এর ভিন্নতা হয়ে থাকে। আর্ক ওয়েল্ডিং মেসিনকে অনেক ভাবে ভাগ করা যায়। যেমন স্থির মেসিন (Static machines), বৈদ্যুতিক মটর চালিত মেসিন (Electric motor driven machines), ডিজেল বা পেট্রোল ইঞ্জিন চালিত মেসিন,বৈদ্যুতিক ট্রান্সফরমার এবং রেক্টিফায়ার জাতীয় মেসিন, কন্সটেন্ট ভোল্টজ মেসিন, কন্সটেন্ট কারেন্ট মেসিন ইত্যাদি।

ট্রান্সফরমার জাতীয় ওয়েল্ডিং মেসিনই সস্তা, হালকা এবং সাধারণ সর্বকাজে ব্যবহৃত হয়ে থাকে। ইহা এ,সি কারেন্ট দ্বারা চালিত। আবার কোন কোন মেসিনে এ, সিকে রেকটিফায়ার দ্বারা ডি,সি মেসিনে পরিনত করা হয়। আবার একই মেসিনে দুটি পদ্ধতিও থাকে। ট্রান্সফরমারের পরিবর্তে বিদ্যুৎ চালিত জেনারেটর দিয়েও ওয়েল্ডিং মেসিন তৈরী হয়। এই জেনারেটর প্রয়োজন মাফিক এ,সি বা ডি,সি সরবরাহ করে যা ওয়েল্ডিং কাজের জন্য বেশ সুবিধাজনক হয়ে থাকে। যেখানে কারেন্ট নাই সেখানে এই জেনারেটর পেট্রোল বা ডিজেল ইঞ্জিন দ্বারা চালিত হতে পারে। আর যেখানে বিদ্যুৎ আছে সেখানে মটর দ্বারা জেনারেটরটি চলতে পারে। একই মেসিনে উভয় পদ্ধতিতে চালানোর ব্যবস্থাও রাখা থাকে।

ইলেকট্রোড হোল্ডার ওয়েল্ডারের হাতের মধ্যেথাকে যার মুখে ইলেকট্রোড ধরা থাকে। ইলেকট্রোড হোল্ডারটি ইনসুলেটেড থাকে এবং বিদ্যুৎ প্রবাহ ক্ষমতা অনুসারে ভিন্ন ডিজাইনের হয়ে থাকে। ওয়েল্ডিং মেসিন হতে কালেকটারের মাধ্যমে একটি কেবল ইলেকট্রোড হোল্ডারে যায় এবং অন্যটি

একটি ক্লেম্পের দ্বারা কার্য্যক্ষেত্র বা জবে আটকানো হয়। ওয়েল্ডিং কেবল সাধারণত তামার তারের হয়ে থাকে তবে ক্ষেত্র বিশেষে এলুমিনিয়ামেরও হয়। তারের উপরের ইনসুলেসন রাবার বা নিওপ্রেনের হয়ে থাকে। মেটাল আর্ক ওয়েল্ডিং'এর একটি সার্কিট নিম্নের চিত্রে দেখান হলঃ



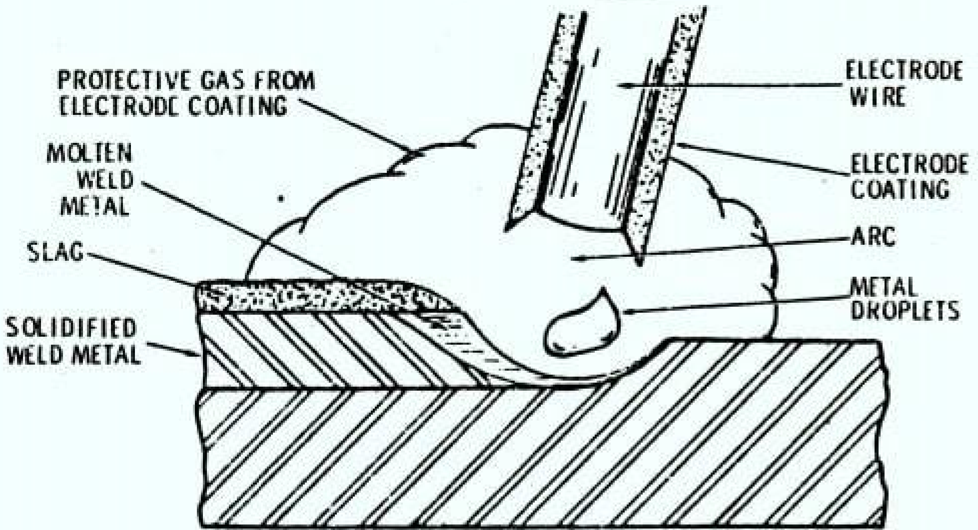
Major components required for shielded metal-arc welding.

চিত্র নং—৮৪, একটি ওয়েল্ডিং সেটের প্রধান অংশগুলি।

ইলেকট্রোড ব্যবহার বিধি এবং বিভিন্ন পদ্ধতি আমেরিকান ওয়েল্ডিং সোসাইটি (AWS) কর্তৃক নির্ধারিত করা আছে। একটি বিষয় উল্লেখযোগ্য যে ওয়েল্ডিং কালে গলিত ধাতু মিশ্রিত হওয়ার সময় বায়ুমন্ডলের অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন রাসায়নিকভাবে এর সাথে সংযুক্ত হয়ে যায় এবং ভংগুর অক্সাইড ও নাইট্রাইড দানার সৃষ্টি করে যাহা ওয়েল্ডিং জোড়াকে দুর্বল করে দেয়। জোড়ে ছোট ছোট ছিদ্রের সৃষ্টি হয়। সেজন্য এমন কিছু ব্যবহার করা প্রয়োজন যাতে বাতাস উত্তপ্ত ধাতুর মিশ্রনকে স্পর্শ করতে না পারে। ইহা দুই প্রকারে করা যেতে পারে অর্থাৎ ওয়েল্ডিং এর স্থানকে কোন নিষ্ক্রীয় গ্যাস দ্বারা আবৃত করে রাখা অথবা কোন উপযুক্ত ফ্লাক্স বা রাসায়নিক পাউডার ব্যবহার করা। পূর্বে মেটাল আর্ক ওয়েল্ডিং খালি ধাতু রড দিয়ে করা হত। যার জন্য ওয়েল্ডিং এর মান নীচু হত। আজকাল আর তেমনটি হয় না। কারণ এখন ওয়েল্ডিং কালে প্রয়োজন বোধে ফ্লাক্স বা নিষ্ক্রীয় গ্যাসের আবরণ ব্যবহার করার ব্যবস্থা থাকে।

বর্তমান যুগের ইলেকট্রোডে মূল ধাতু রড বা তারের উপর একটি রাসায়নিক আবরন থাকে যা গলে পরার সময় নিষ্ক্রিয় গ্যাসের (Inert gas as Co_2) উৎপত্তি করে এবং ওয়েল্ডিং'এর স্থানকে আবৃত করে রাখে। আবরনের

অন্যান্য উপাদান (Ingredients) ওয়েল্ডিং ধাতুকে পরিশুদ্ধ করে এবং বিদ্যুৎ বৃত্ত চাপকে স্থিতিশীল করে। ওয়েল্ডিং'এর উপরে ধাতুমলের যে আবরন সৃষ্টি করে ইহা ধাতুর চেয়ে ওজনে হালকা এবং এই ধাতুমল জোড়াকে তাড়াতাড়ি ঠান্ডা হতে বাধা দেয়। ইহা ধাতুর গলনের হার বাড়িয়ে ওয়েল্ডিং কাজকে দ্রুতগামী করে এবং ওয়েল্ডিং তলকে (Welding surface) সুন্দর আকার দেয়। বস্তুত এই আবরনের রাসায়নিক মিশ্রন ওয়েল্ডিং'এর প্রকারভেদ ও মূল ধাতুর প্রকৃতি অনুসারে ভিন্ন হয়ে থাকে এবং ওয়েল্ডিং'এর সফলতা অনেকটা এই আবরনের উপর নির্ভর করে। ইলেকট্রোড দিয়ে ওয়েল্ডিং করার সময় ওয়েল্ডিং স্থানের পরিবেশ কিরূপ থাকে তাহা নিম্নের চিত্রে দেখান হলঃ



Shielded metal-arc welding.

চিত্র নং—৮৫, সিল্ডেড মেটাল আর্ক ওয়েলিডং

ইলেকট্রোডের সাইজ তার মূল ধাতু রডের ব্যাস অনুসারেই ধরা হয়। সাধারণত ইহা $\frac{১}{১৬}$" হতে $\frac{৫}{১৬}$" পর্যন্ত হয় এবং লম্বায় ৯", ১৪" ও ১৮" হয়ে থাকে। ইলেকট্রোডের ব্যাস স্ট্যান্ডার্ড ওয়ার গেজ বা SWG এর নাম্বার অনুসারেও চিহ্নিত হয়ে থাকে। পাতলা সীট বা ছোট কাজে কম ব্যাসের ইলেকট্রোড ব্যবহার হয় যেখানে বিদ্যুৎ প্রবাহের পরিমাণও কম। বড় কাজে এর মাপ ও বিদ্যুৎ প্রবাহের পরিমাণও সেইভাবে বেড়ে যায়। এই প্রসংগে আনুমানিক একটি তালিকা দেয়া হল যা ইলেকট্রোড পরিমাপ সম্পর্কে বুঝতে সাহায্য করবে।

ছক নং-২৬ ইলেকট্রোড সাইড ও কার্য্যক্ষেত্র।

কাজ	ইলেকট্রোড গেজ নং	আনুমানিক ব্যাস	বিদ্যুতের পরিমান, এম্পস
ধাতু সীট $\frac{১}{৮}$" পর্যন্ত	10 SWG	0.124"	৯০ - ১৩০
সমপর্যায়ে ছোট কাজ	বা 8 SWG	0.160"	১১০ - ১৮০
সাধারন মাপের সীট,	6 SWG	0.172"	১৬০ - ২৩০
পাইপ, এঙ্গেল ইত্যাদির	4 SWG	0.232"	২০০ - ৩০০
কাজ	$\frac{1}{4}$" Size	0.25"	২১০ - ৩৫০
$\frac{৩}{৮}$" এর উপরে মোটা	$\frac{5}{16}$" Size	0.312"	৩০০ - ৫০০
ধাতুসীট বা অন্যান্য	$\frac{3}{8}$" Size	0.375"	৪০০ - ৬০০
কাজের জন্য			

সঠিক প্রকৃতির কাজের জন্য সঠিক ইলেকট্রোড চেনার জন্য ইলেকট্রোডের গায়ে কোড নম্বর থাকে। বৃটিশ ষ্ট্যান্ডার্ড কোড অনুসারে সংখ্যার প্রথমে একটি লেটার থাকে যেমন E,R,D যা উহার প্রস্তুত পদ্ধতিকে বুঝায়। অতপর তৃতীয় সংখ্যাটি ইলেকট্রোডের আবরন সম্পর্কিত থাকে। দ্বিতীয় সংখ্যাটি কাজের পজিসন সম্পর্কে বুঝায়। যথা ১ হল যে কোন দিকে, (অর্থাৎ 1=All direction =A,2=Flat =F, 3=Horizontal=H,4=Vertical=v etc.) ২হল ফ্লাট,৩ হল সমান্তরাল এবং ৪হল খাড়া বা হেলান অবস্থায় ইত্যাদি। প্রথম সংখ্যাটি বিদ্যুৎ প্রবাহ সম্পর্কে বুঝায়। যেমন '০' থাকলে D+ অর্থাৎ ডিসি প্রবাহ এবং সংযোগ রিভার্স পুলারিটির; ২ হল D -A70 অর্থাৎ ডিসি এসি উভয় প্রকারের বিদ্যুৎ প্রবাহ উপযুক্ত এবং অপেন সার্কিট ভোল্টেজ সর্বনিম্ন ৭০ হতে হবে। কোডের শেষে কোন অক্ষর বা চিহ্ন দিয়ে অতিরিক্ত কিছু আরো নির্ধারন করা যায় বা করা হয়ে থাকে। P থাকলে বুঝতে হবে ইহার গভীর গলন ক্ষমতা (Deep penetration) আছে। বাংলাদেশে অরলিকন,অক্সিজেন লিমিটেড ইত্যাদি কম্পানীর ইলেকট্রোড, বিক্রয় হয়। অরিলিকন ইলেকট্রোড প্রস্তুতকারী একটি অক্ষর ও চারটি সংখ্যা দিয়ে তাদের ইলেকট্রোডের প্রকৃতি চিহ্নিত করে

থাকে। প্রথম অক্ষরটি থাকে ওয়েল্ডিং পদ্ধতি সম্পর্কে যেমন E অর্থাৎ আর্ক ওয়েল্ডিং ইলেকট্রোড ER অর্থাৎ GMAW এর ইলেকট্রোড বা তার অথবা GMTW এর ফিলার রড বা তার; প্রথম দুটি সংখ্যা ওয়েল্ডিং জোড়া কত শক্তি সম্পন্ন হবে তা বুঝায়। যেমন ৭০ মানে সর্বনিম্ন টেনসাইলস্ট্রেস ৭০,০০০ psi.। তৃতীয়ত সংখ্যাটি অর্থাৎ হাজার ঘরের সংখ্যাটি ওয়েল্ডিং পজিসন, ধরা হয়। যেমন – '১' সব পজিসন ২ ফ্লাট এবং সমান্তরাল,৩ শুধু ফ্লাট ইত্যাদি। ইলেকট্রোড তৈরীতে পজিশনের গুরুত্ব এই জন্য যে একটি শুয়ান (flat) অবস্থায় ওয়েল্ডিং ইলেকট্রোডের যে গলন প্রকৃতি,খাড়া অবস্থায় তার ভিন্নতা দরকার। আবার মাথার উপরে (overhead) কোন কাজ করার সময় যেন ইলেকট্রোড গলে নিচের দিকে না পড়ে সেজন্য তার প্রকৃতি ও আবরন আলাদা রকম হওয়া বাঞ্ছনীয়।

চতুর্থ সংখ্যা হতে কি ধরনের কারেন্ট ব্যবহার হবে তাহা বুঝায়। অর্থাৎ কোটিং বা আবরন অনুসারে এ সি, ডি সি ব্যবহার পার্থক্য বেশীর ভাগ ক্ষেত্রে নির্ধারিত হয় বলে এই সংখ্যা আবরন সম্পর্কেও পরোক্ষ নির্দেশণ দেয়। যথা '০' অর্থাৎ DC+ এবং কোটিং হয় সেলুলোসিক,সোডিয়াম মিশ্রিত ; '১' এ, সি ও ডি, সি রিভার্স এবং কোটিং হয় সেলুলোসিক,পটাশিয়াম মিশ্রিত, '৪' এ সি বা ডি সির যে কোন পুলারিটি যাহার কোটিং,পটাশিয়াম,আয়রন পাওডার। ইলেকট্রোড নির্বাচনে প্রস্তুতকারক কর্তৃক দেয়া ব্রান্ড নামও লক্ষ্য করার বিষয়। ইলেকট্রোড রড বস্তুত মূল ধাতু অনুসারেই হয়ে থাকে। তবে ওয়েল্ডিং কার্য্য সহজতর করার জন্য মেঙ্গানিজ,সিলিকন, কারবন ইত্যাদির সামান্য মিশ্রন থাকে। এলয় স্টীল বা এলয় ধাতুর জন্য ইলেকট্রোড ধাতুর মিশ্রন ভিন্নতর। আবার এক ধাতুর সাথে অন্য ধাতুর জিনিস জোড়তে গেলে সেই ইলেকট্রোডের মিশ্রন আরেক প্রকারের হবে। আবার যেমন কাষ্ঠ আয়রন ওয়েল্ডিং করতে যে ইলেকট্রোড ব্যবহার হয় তা নিকেলের বা নিকেল–কপার মিশ্রনের থাকে। ব্রোঞ্জ,কপার,ব্রাস বা ভিন্ন দুই প্রকারের ধাতুকে জোড়তে যে ইলেকট্রোড ব্যবহার হয় তার মধ্যে কপার –৯২·৯%,টিন –৭%,ফসফরাস –·০৪% এই রকম হারের হয়ে থাকে। এইসব মিশ্রনের হার, কোটিং'এর প্রকৃতি এবং বিশেষ কাজের জন্য বিশেষ ধরনের ইলেকট্রোড তৈরী করে প্রস্তুতকারক তার আলাদা আলাদা ব্র্যান্ডে নামকরণ করে থাকে। সেই নামের সাথে একবার পরিচয় হয়ে গেলে পরবর্তী সময়ে উপযুক্ত কাজের জন্য উপযুক্ত ইলেকট্রোড কেনা সহজ হয়। এখানে

ওরলিকন কম্পানীর ইলেকট্রোডের কয়েকটি ব্র্যান্ড নাম ও তার ব্যবহার সম্পর্কে উদাহরণ দেয়া গেল। এই সাথে বাংলাদেশ অক্সিজেন লিমিটেডের ব্র্যান্ডের নাম ও AWS'এর কোড নম্বর দেয়া হল।

সিটোবেস্ট (Citobest) :— সস্তা এবং হালকা আবরণ দেয়া ইলেকট্রোড যা সাধারণ সর্বকাজে ব্যবহার করা যায়। ইহার AWS কোডনাম্বার হল E 6010

বাংলাদেশ অক্সিজেন লিমিটেডের (BOL) সমমান ও সমপর্যায়ের ইলেকোট্রাডের ব্র্যান্ড নাম হল পাইপক্রাফ্ট (PIPE CRAFT).

সিটোজেট (Citojet) :— হালকা কোট দেয়া সেলুলোসিক ইলেকট্রোড যা উচ্চ চাপের পাইপ লাইন, গ্যাস লাইন, বয়েলার ইত্যাদি জোড়নের জন্য উত্তম। AWS কোড হল E6013। সমপর্যায়ের BOL'এর ইলেট্রোডের নাম হল জডিয়ান ইউনিভার্সাল (ZODIAN UNIVERSAL)

সুপার সিটো(Super-cito) :— আয়রন পাউডার,নিম্ন হাইড্রোজেন উৎপাদক দ্রব্য জাতীয় কোটিং দেয়া ইলেকট্রোড,যা জাহাজ তৈরী ও অন্যান্য ভারী কাজে ব্যবহার হয়, AWS কোড E 7018 সমমানের BOL'এর ব্র্যান্ড নাম হল ফেরাক্রাফ্ট ৬১ (FERROCRAFT 61)

সিটোফোন্ট (Citofonte) :— কাস্ট আয়রন ওয়েল্ডিং'এর জন্য ব্যবহৃতহয়।

সিটো ব্রোঞ্জ (Citobronze) :— ব্রোঞ্জ, ব্রাস এবং অনুরূপ এলয় জোড়ালে ব্যবহৃত হয়। AWS সংকেত নাম হল ECuSn-ClBOL'এর ব্র্যান্ড নাম ব্রোঞ্জ ক্রাফ্ট (BRONZECRAFT)

আইনোক্স (Inox -AW) :— স্টেইনলেস ইস্পাতের জন্য প্রযোজ্য। AWS সংকেত নাম E,308L-16 এবং BOL'এর সমপর্যায়ের ব্র্যান্ড নাম স্টেইনক্রাফ্ট (STAINCRAFT)

সিটোফোন্টের AWS সংকেত নাম হল ENiCuB। BOL' এর ব্র্যান্ড নাম হল ফেরোলয়েড ১ (FERROLOID 1)

সিটোকাট (Cito cut) :– এই ইলেকট্রোড ব্যবহার করে নরম ইস্পাতের প্লেট বা নরম অলৌহ ধাতু কাটা যায়।

এই ভাবে এককে প্রস্তুতকারকের নামকরন আলাদা প্রকারে করা থাকে যা তাদের কেটালগ থেকে দেখে নেয়া যায়। আবার কালার কোড (Colour code)দিয়েও ইলেকট্রোডের প্রকার ভেদ বুঝান হয়ে থাকে। জার্মান পদ্ধতিতে সংকেত অক্ষর বা ভিন্ন নাম্বার দিয়ে বুঝান হয়। যেমন EKBCrMo1বা এর সমমানের ভিন্ন নম্বর হল DIN 8575 ইত্যাদি। এই বিষয়ে আমেরিকান ওয়েল্ডিং সোসাইটি American Welding Society, সংক্ষেপে AWS প্রণীত কোড নাম্বারই প্রণিধানযোগ্য। কেননা বেশীর ভাগ প্রস্তুতকারক ঐ কোড অনুসরন করে থাকে। বাংলাদেশ অক্সিজেন লিমিটেড এবং অরলিকন কোম্পানীও একই কোড নম্বর দিয়ে থাকে অর্থাৎ পূর্বে দেয়া ব্যাখ্যাই AWSএর জন্য প্রযোজ্য। যে কোন কোড জানা থাকলে তার সমমানের (Equivalent) অন্যান্য নাম্বার কি হবে বা এর প্রকৃতি কি হবে তা ইলেকট্রোড বিক্রেতার নিকট গাইড পুস্তকে পাওয়া যাবে। সুতরাং ওয়েল্ডিং কাজে বা কোন ইলেকট্রোড দিয়ে ওয়েল্ডিং করার পূর্বে তার কোড, ব্র্যান্ড নাম দেখে নিতে হবে এবং বুঝে নিতে হবে। নতুবা ওয়েল্ডিং কাজে সুফল পাওয়া যাবে না।

কোন পাত বা ধাতু খন্ডদ্বয়কে জোড়া দেয়ার সময় জোড়ার স্থানে প্রয়োজন মোতাবেক কিনারা ঘষে বা গ্রাইন্ড করে ঢালু করে নিতে হয়,সাধারনতঃ 'V' আকৃতি দেয়া হয়ে থাকে। যে দুটি ধাতু খন্ডকে জোড়া দেয়া হবে তার মধ্যবর্তী একটু ফাঁকা রাখা দরকার হয়। পাতলা সীটে 'V' করা বা ফাঁক রাখার প্রয়োজন হয়না। সর্বদা ওয়েল্ডিং স্থানকে পরিষ্কার করে নেয়া প্রয়োজন। অতপর জোড় রেখা বরাবর কৌনিকভাবে সর্বদা ইলেকট্রোড ধরে সামনের দিকে ধীরে ধীরে অগ্রসর হতে হয়। ওয়েল্ডিং'এর স্তর এক সাথে বেশী মোটা করতে নাই, অর্থাৎ $\frac{৩}{১৬}$" অধিক হওয়া উচিৎ নয়। একদফা ওয়েল্ড হয়ে গেলে স্ক্রেপার ও হাতুড়ি দিয়ে উপরের ধাতুমল ফেলে দিয়ে উহাকে ব্রাশ করে পরবর্তী স্তরের ওয়েল্ডিং করতে হবে। বেশী সংখ্যক রানে ওয়েল্ডিং করলে পূর্বের ওয়েল্ডিং এর বীডগুলি শোধন হয় এবং সম্পূর্ন ওয়েল্ডিং'এর মান ভাল হয় ।ইলেকট্রোডের আর্ক থেকে যে তাপের সৃষ্টি হয় তা আর্ক ভোল্টেজ এবং প্রবাহিত বিদ্যুতের মাত্রার উপর নির্ভর করে। ভোল্টেজের মাত্রার বেশী পরিবর্তন হয় না। ফলে এম্পায়ারের

ব্যবহারই তাপের প্রধান কারণ হয়ে দাঁড়ায়। সুতরাং সঠিক পরিমানের বিদ্যুৎ এম্পায়ারের ব্যবহার ভাল ওয়েল্ডিং হওয়ার একটি শর্ত। যদি এম্পায়ার বেশী হয় তবে মাল বেশী গলে গিয়ে আন্ডার কাটিং হবে। ওয়েল্ডিং পুল বড় এবং এবরো থেবরো হবে। আবার কম এম্প্যারেজ হলে ধাতুতে গলন গভীরতা (penetration) কম হবে। বিডগুলি জমে যাবে এবং ইলেকট্রোড আটকে থাকতে চাইবে। ওয়েল্ডিং করার সময় ইলেকট্রোডের প্রান্ত জব থেকে কতটুকু দুরে অবস্থান করবে তাহাও বিবেচ্য বিষয়। কারণ এর উপর নির্ভর করছে বিদ্যুৎ বৃত্তচাপ দৈর্ঘ্যের (Arc length)। আর্কের দৈর্ঘ্য যদি বেশী হয় তবে ওয়েল্ডিং'এ পরোসিটি (porosity) বেশী হয়। আর যদি দৈর্ঘ্য ছোট হয় তবে স্লেগ ধাতুর সাথে মিশে গিয়ে গ্যাস হোলের সৃষ্টি করে। সাধারনতঃ ইলেকট্রোডের দুরত্ব কম বেশী করতে হবে কিনা তা ওয়েল্ডিং করার সময় বুঝা যায়। ইলেকট্রোডকে দ্রুত গতিতে এগিয়ে নিয়ে যাওয়া ঠিক নয়, তাতে ফিউসন ভাল হয় না এবং স্লেগ সৃষ্টিতে বাধাপ্রাপ্ত হয়। আবার অতি ধীরে গেলে ধাতু বেশী গলে ছিদ্র হয়ে যেতে পারে এবং ইলেকট্রোডও অযথা ক্ষয় হয়। ওয়েল্ডিং বীডের গঠন থেকে গতি ঠিক আছে কিনা নির্নয় করা যায়। যদি বীডের গঠন সঠিক না হয় বা ওয়েল্ডিং স্তরে ত্রুটি থাকে তবে সেই স্তরটি বা ত্রুটি পূর্ন স্থানটি গ্রাইন্ডিং করে তুলে দিয়ে নুতন ওয়েল্ডিং স্তর দেয়া উচিৎ। যদি ওয়েল্ডিং শেষে ফাটল (Cracks) দেখা দেয় তবে সম্পূর্ণ ওয়েল্ডিং তুলে দিয়ে অথবা ফাটলের অংশ গ্রাইন্ডিং করে তুলে দিয়ে নুতন করে ওয়েল্ডিং করতে হবে। প্রয়োজন মোতাবেক জবকে পূর্বে তাপায়িত (pre-heated)করে নেয়া যেতে পারে। কোন কোন ক্ষেত্রে ওয়েল্ডিং 'এর শেষে জব যেন তাড়াতাড়ি ঠান্ডা হয়ে ফাটল সৃষ্টি না করতে পারে তার জন্য পরে তাপ (post heating) দানের ব্যবস্থা করতে হয়।

আর্ক ওয়েল্ডিং করার সময় সিল্ড বা মোটা গগল্স ব্যবহার করা বিশেষ প্রয়োজন। কেননা ওয়েল্ডিং হতে যে প্রখর রশ্মি বের হয় তাহা চোখের জন্য অত্যন্ত ক্ষতিকর। তাছাড়া ওয়েল্ডিং'এর ছিটকা আগুন যেন গায়ে না লাগে সেজন্য এপরন এবং হাত মোজা ব্যবহার করা উচিৎ।

গ্যাস মেটাল আর্ক ওয়েল্ডিং (Gas metal arc welding) :– ইহা একটি নূতন ধরনের আর্ক ওয়েল্ডিং যা সংক্ষেপে GMAW হিসাবে পরিচিত। এই পদ্ধতি ১৯৫০ সনে উদ্ভাবন হয় এবং ১৯৬০ সন থেকে যথেষ্ট

জনপ্রিয়তা পায়। ইহা আর্ক ওয়েল্ডিং'এর মত ইলেকট্রোড হতে সৃষ্ট বিদ্যুৎ বৃত্তচাপে ধাতু উত্তাপ হয় এবং ধাতু ও ইলেকট্রোড গলে গিয়ে জোড়ন কার্য্য সম্পন্ন করে। এখানে পার্থক্য হল এই যে ইলেকট্রোডের উপর কোন বিশেষ আবরনের দরকার হয় না। ওয়েল্ডিং স্থানকে বায়ুমন্ডল থেকে ঘিরে রাখার জন্য আলাদা একটি নিষ্ক্রীয় গ্যাসের প্রবাহ সরবরাহ করা হয়। এতে ওয়েল্ডিং এর উপর কোন ধাতু মল (Slag)তৈরী হয় না এবং ওয়েল্ডিং'এর মান খুবই ভাল হয়, এবং মূল ধাতুর মত শক্ত হয়। এই পদ্ধতিতে কম সময়ে অধিক ওয়েল্ডিং করা যায়। একাধারে স্বয়ংক্রিয়ভাবে ভাল ওয়েল্ডিং করার জন্য এই পদ্ধতি যথেষ্ট কাজে আসে। ইলেকট্রোড তার কয়েল হতে ঘুরে ঘুরে খুলে গিয়ে ওয়েল্ডিং হতে থাকে এবং অন্যদিক হতে অনবরত গ্যাস সরবরাহ হতে থাকে।

বর্তমানে এই পদ্ধতিকে আরো উন্নতর করে গ্যাস টাংষ্টেন আর্ক ওয়েল্ডিং (Gas Tungsten arc welding) সংক্ষেপে TIG বা GTAW ওয়েল্ডিং উদ্ভাবন করা হয়েছে। এই পদ্ধতিতে ইলেকট্রোডের পরিবর্তে টাংস্টেন ধাতুর টিপ ব্যবহার করা হয় যাহা তাপে গলে না। এই টিপ ও জবের মধ্যে সৃষ্ট আর্কের বিদ্যুৎ বৃত্তচাপে জবের ধাতু গলে জোড়া লেগে যায়। জোড়ার মধ্যবর্তী ফাঁক পুরনের জন্য ফিলার রড বা তার ব্যবহার করা হয় যার কোন আবরন থাকে না। অর্থাৎ ইলেকট্রোড ব্যবহৃত হয়না, তার বদলে ফিলার রড ও টাংস্টেন টিপ ব্যবহৃত হয়। ওয়েল্ডিং করার সময় জোড়নের স্থানকে নিষ্ক্রীয় গ্যাসের বলয় দ্বারা ঘিরে রাখা হয়। এই গ্যাস টাংস্টেন টিপ হোল্ডারের নোজল দিয়ে নির্গত হয় এবং এই নোজলের সাথে গ্যাস বোতলের সংযোগ থাকে। এই জোড়ন অত্যন্ত উন্নত মানের; বিশেষ করে এলুমিনিয়াম, ম্যাগনিশিয়াম, নিকেল এলয়, কপার এলয়, স্টেনলেস স্টীল, ক্রোমিয়াম, টিটানিয়াম, ইত্যাদিতে নিখুঁতভাবে জোড়ন কাজ সম্পন্ন হয় যা মেটাল আর্ক ওয়েল্ডিং দ্বারা করা কষ্টকর ও দুসাধ্য। এই জোড়নের বীডগুলি মিহি এবং ত্রুটি মুক্ত থাকে। উচ্চ চাপ ও তাপমাত্রার যন্ত্র বা যন্ত্রাংশে এই ওয়েল্ডিং বিশেষ অবদান রাখে।

গ্যাস মেটাল আর্ক ওয়েল্ডিং'এ নিক্রিয় গ্যাস হিসাবে হিলিয়াম, আরগন, অথবা কারবন ডাই অক্সাইড ব্যবহার হয়ে থাকে। যেখানে আরগন গ্যাস ব্যবহার হয় তা আরগন ওয়েল্ডিং নামেও পরিচিত।

গ্যাস আর্ক ওয়েল্ডিং যন্ত্রের দাম বেশী এবং গ্যাসের মূল্য অনুপাতে খরচও

একটু বেড়ে যায় বলে এই ওয়েল্ডিং পদ্ধতি সহজলভ্য হয়ে উঠেনি। তবে এই পদ্ধতিতে জোড়ান এত সহজ, সুন্দর ও শক্ত হয় যে অদূর ভবিষ্যতে এই ওয়েল্ডিং যথেষ্ট হারে ব্যবহৃত হবে।

গ্যাস ওয়েল্ডিং (Gas Welding) ঃ- তথা অক্সিএসিটেলিন ওয়েল্ডিং (oxy-acetylene welding)গ্যাস দ্বারা ওয়েল্ডিং করা একটি প্রাচীন পদ্ধতি যা এখনও সফল ভাবে ব্যবহৃত হচ্ছে। কোন দাহক গ্যাস সাধারনত এসিটেলিন বা হাইড্রোজেন অক্সিজেনের সাহায্যে মিশিয়ে অগ্নি শিখা প্রজ্বলিত করা হয়। এই শিখার তাপ মাত্রা যথেষ্ট থাকে যা ধাতুকে গলিয়ে ফেলতে পারে। এই গলন প্রক্রিয়ার মাধ্যমে যে ওয়েল্ডিং করা হয় তাহাই গ্যাস ওয়েল্ডিং। জোড়নের ফাঁক পূর্ন করার জন্য ফিলার রড ব্যবহৃত হয়ে থাকে। গ্যাস ওয়েল্ডিং এর মধ্যে এসিটেলিন ও অক্সিজেন মিশ্রিত করে যে অক্সিত্রসিটেলিন শিখা প্রস্তুত করা হয় এবং ওয়েল্ডিং কাজে ব্যবহৃত হয় তাহাই অক্সিএসিটেলিন (oxy -acetylene Welding)ওয়েল্ডিং সংক্ষেপে OAW। বস্তুত গ্যাস ওয়েল্ডিং বলতে এখন অক্সিএসিটেলিন ওয়েল্ডিংকেই বুঝায়,কেননা এই গ্যাস সহজলভ্য এবং এর তাপ মাত্রাও বেশী। তাছাড়া ইহা দ্বারা ধাতুকে সহজে কাটাও যায়। যেসব কারণে এই প্রক্রিয়া কারিগরদের নিকট প্রিয় এবং অধিক হারে ব্যবহৃত হয় তা হল (১) সহজ বহনযোগ্য যন্ত্র, (২)যন্ত্র ব্যবস্থাটির দাম কম, (৩) সর্ববিধ কাজে ব্যবহারযোগ্য ,(৪) ওয়েল্ডিং করার সময় জোড়ন স্থান পরিষ্কার দেখা যায়, (৫) যে কোন পজিসনে ওয়েল্ডিং করতে অসুবিধা হয় না, (৬) ইহা ওর্য়েল্ডিং ছাড়া কাটিং, ব্রেজিং ও সোলডারিং করার জন্যও এই সেট উপযুক্ত।

অক্সি এসিটেলিন ওয়েল্ডিং'এর সাহায্যে পাতলা স্টীল ব্রাস,ব্রোঞ্জ ও কম ব্যাসের পাইপ জোড়া দিতে তুলনামুলক ভাবে সহজ। এই পদ্ধতি মেরামত ও যন্ত্র সংরক্ষণের কাজে খুবই উপযোগী এবং অবাধ ব্যবহার হয়ে থাকে। অক্সি এসিটিলিন ওয়েল্ডিং প্রক্রিয়ায় যে সব যন্ত্রপাতির প্রয়োজন হয় তাহলঃ-

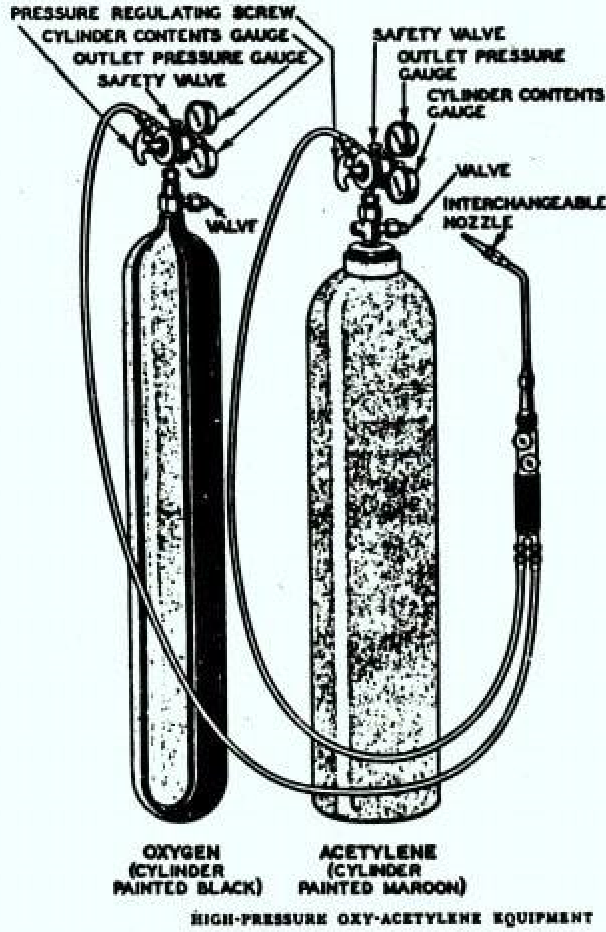
(ক) একটি অক্সিজেনের সিলিন্ডার ও একটি এসেটেলিনের সিলিন্ডার।

খ) প্রেসার গেজেস এবং রেগুলেটারস।

গ) রাবার হুজেস বা নল।

ঘ) ওয়েল্ডিং টর্চ এবং টিপ ও কাটিং নজল।

ঙ) সিলিন্ডার বহন উপযোগী ট্রলী



চিত্র নং—৮৬, অক্সি—এসিটেলিন গ্যাস ওয়েল্ডিং সেট।

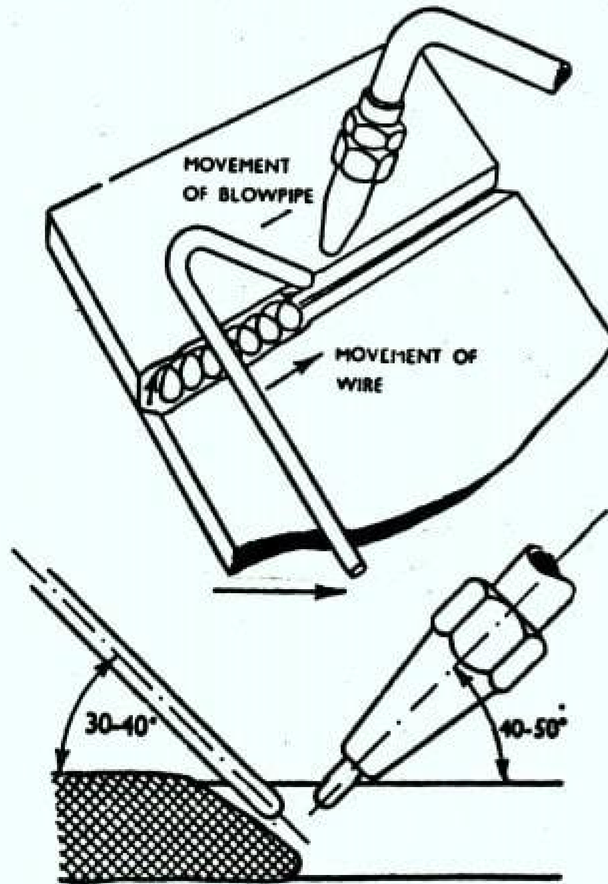
দুটি গ্যাস সিলিন্ডারের মধ্যে একটি অক্সিজেন ও অন্যটিতে এসিটেলিন থাকে। এসিটেলিন গ্যাস সিলিন্ডারের রং মেরুন এবং অক্সিজেনের জন্য কাল রংগের হয়। এসিটেলিন সাধারণত এসিটোনের মধ্যে সেসুরেটেড (Saturated অবস্থায় থাকে যার ফলে ইহা বেশী চাপ বহন করতে পারে। এই চাপ সাধারণত ২৫০ psi বা ১৬ bar পর্যন্ত হয়ে থাকে। অক্সিজেন সিলিন্ডারের চাপ ১৮০০ হতে ২৪০০ psi পর্যন্ত হয়ে থাকে। সিলিন্ডারগুলিতে কত প্রেসার পর্যন্ত গ্যাস ভরা যাবে তাহা উহাদের গায়ে স্ট্যাম্প করা থাকে। অক্সিজেন বোতলের মুখ রাইট হ্যান্ড প্যাচ এবং এসিটিলিন বোতলের মুখ লেফট হ্যান্ডে প্যাচ দ্বারা বন্ধ থাকে। বোতলের মুখের উপর বা পাশে দ্বৈত প্রেসার গেজ সম্বলিত রেগুলেটর থাকে। এই রেগুলেটরের সাহায্যে প্রেসার কমিয়ে প্রয়োজন মাফিক প্রেসার গ্যাস নলে পাঠান হয়। একটি প্রেসার গেজ বোতলের ভিতরের গ্যাস প্রেসার দেখায় এবং

অন্যটি কাজের জন্য প্রবাহিত গ্যাসের প্রেসার চাপ দেখায়। গ্যাসের নল দুটি রবারের হয়ে থাকে। দুটি নল আলাদাও হতে পারে আবার একত্রে সম্বলিতও হতে পারে। অক্সিজেনের জন্য নীল রং ও এসিটেলিনের জন্য লাল রংয়ের হুস বা নল ব্যবহার হয়। এই নলদ্বয় উপযুক্ত দৈর্ঘ্যতার পর ওয়েল্ডিং টর্চে এসে সংযুক্ত হয়। টর্চে সংযোগস্থলের পর গ্যাস পাইপের উপর দুটির জন্য আলাদা নিয়ন্ত্রন নব লাগানো থাকে, যার সাহায্যে উভয় গ্যাসের প্রবাহ ইচ্ছা অনুযায়ী কম বেশী করা যায়। অতপর গ্যাস মিশ্রিত অবস্থায় টর্চের নজল দিয়ে বের হয়। আবার কোন কোন টর্চে নজলের মাথা পর্যন্ত গ্যাস বিভক্ত থাকে। সিলিন্ডারদ্বয়, নল, টর্চ ইত্যাদি একত্রে বহন করার জন্য উপযুক্ত ছোট ট্রলী বা ঠেলাগাড়ী থাকে যেন যখন তখন কার্য্য স্থানে নেয়া যায়।

ওয়েল্ডিং করার সময় প্রথমে এসিটেলিন ছেড়ে নিয়ন্ত্রন নবের সাহায্যে অল্প পরিমান প্রবাহ দিয়ে নজলের মুখে স্পার্ক লাইটার বা দিয়াশলাই দিয়ে আগুন প্রজ্বলিত করা হয়। অতপর অক্সিজেন ছেড়ে আস্তে আস্তে প্রয়োজন অনুসারে অগ্নিশিখা তৈরী করতে হয়। অক্সিজেন ও এসিটেলিনের ব্যবহারের অনুপাত অগ্নিশিখার প্রকৃতি নির্নয় করে। তিন প্রকারের অগ্নিশিখা হয়,যথা নিরপেক্ষ বা নিউট্রাল (Neutral), কারবুরাইজিং (Carburizing)ও অক্সিডাইজিং (Oxidizing)। নিউট্রাল শিখা দিয়েই সাধারনত ওয়েল্ডিং করা হয়। এই শিখা তৈরীতে প্রায় সমপরিমাণের অক্সিজেন ও এসিটেলিন গ্যাস ব্যবহৃত হয়। এই শিখা জ্বলার সময় ইহার মধ্যে সাদা দপ দপে একটা কোণ (cone) সৃষ্টি করে থাকে। এবং কোনটা একটু লম্বাটে ধরনের হয় যা দ্বারা নিউট্রাল শিখাকে চিনা যায়। কারবুরাইজিং শিখায় এসিটিলিনের মাত্রা বেশী থাকে। এই শিখায় ওয়েল্ডিং'এর সময় জোড়া কারবন যুক্ত হয়ে যায়। অক্সিডাইজিং শিখায় অক্সিজেনের মাত্রা বেশী থাকে এবং ইহা জোড়ার ধাতুকে অক্সিডাইজড করে ফেলে। কারবুরাইজিং ও অক্সিডাইজিং শিখা বিশেষ বিশেষ ওয়েল্ডিং কাজে ব্যবহৃতহয়।

গ্যাস ওয়েল্ডিং করার আগে জবকে পরিষ্কার করে নিতে হয়। ধাতুর পুরুত্ব বেশী হলে তাদের প্রান্তদ্বয়কে 'V'এর আকার দিতে হয় এবং শিখা দ্বারা উত্তপ্ত করে নিতে হয়। জবের আকার এবং ধাতু প্রকৃতি অনুযায়ী টর্চের টিপ বা নজল পরিবর্তন করে নেয়া প্রয়োজন। যদি পাতলা প্লেট জোড়া লাগাতে হয় তবে

ছোট ছিদ্রের নজল ব্যবহার করতে হয়। নজলের গায়ে ছিদ্রের ব্যাস অথবা নজল নাম্বার লেখা থাকে। পাতলা কাজের জন্য গ্যাস প্রবাহের চাপও কমিয়ে নিতে হয়। পাতলা থেকে ভারী কাজের জন্য অক্সিজেন চাপ ২ থেকে ৩০ psi হয়ে থাকে। সেক্ষেত্রে এসিটেলিনের চাপ ২ থেকে ১৫ psiপর্যন্ত হয়। কোন ক্ষেত্রই এসিটেলিনের চাপ ১৫ psiএর উপরে হওয়া উচিত নয়। অক্সি–এসিটেলিন ওয়েল্ডিং'এর সময় ডানদিক থেকে ওয়েল্ডিং করে বাদিকে আগাতে হয় আবার বাদিক হতে ডানদিকেও ওয়েল্ডিং করা হয়ে থাকে। ডানদিকে আগানোর পদ্ধতিকে রাইট ওয়ার্ড তার বিপরীত দিক হলে লেফট ওয়ার্ড পদ্ধতি বলে। উভয় ক্ষেত্রেই টিপ এবং ফিলার রডকে একটু দুলাতে দুলাতে অগ্রসর করতে হয়। রাইট ওয়ার্ড পদ্ধতিই বেশী প্রচলিত। এই প্রক্রিয়ায় নজল এবং রডের অবস্থান কেমন থাকে তাহা চিত্রে দেয়া হল।



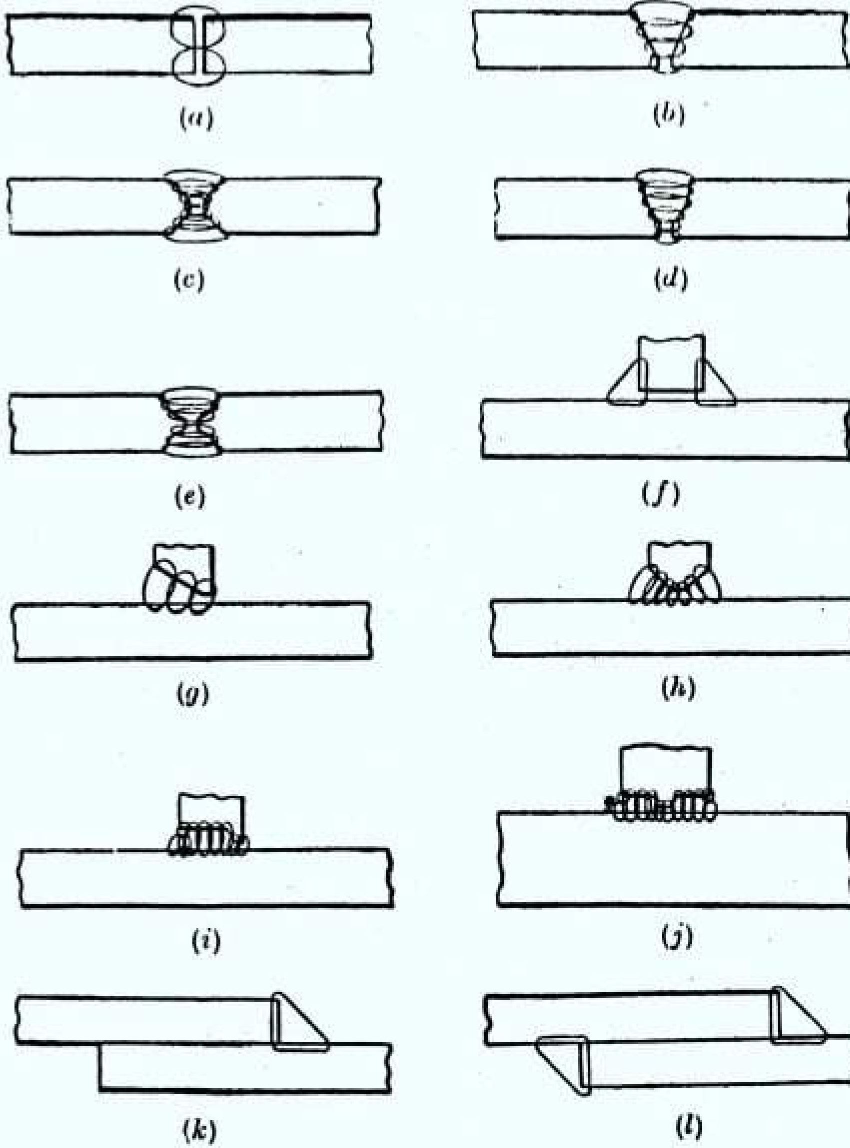
RIGHTWARD OR BACKWARD WELDING TECHNIQUE

চিত্র নং—৮৭, গ্যাস ওয়েল্ডিং'এ নজল ও রডের অবস্থান।

মূল ধাতু অনুসারে ফিলার রড বা তারের ধাতু নির্বাচিত হয়ে থাকে। তবে অধিকাংশ ক্ষেত্রে নির্বাচিত ধাতুর সাথে মেঙ্গানিজ,সিলিকন ইত্যাদি সামান্য পরিমাণে মিশ্রিত থাকে যা সহজে গলাতে সাহায্য করে। তারের সাইজ জোড়নের আকার অনুসারে নির্বাচিত করতে হয়। অক্সি-এসিটেলিন ওয়েল্ডিং'এর সময় অক্সিজেনের স্পর্শে জোড়ায় অক্সাইডের আবরন বা স্কেলিং পড়ে যা জোড়াকে ত্রুটিপূর্ন ও দুর্বল করে দেয়। ইহা করার জন্য ওয়েল্ডিং এর সময় ফ্লাক্স বা খনিজ নিমক ব্যবহার করতে হয়। গ্যাস ওয়েল্ডিং'এর সময় চোখে গগল্‌স পড়ে নেয়া উত্তম। গ্যাস সিলিন্ডারকে সর্বদা খাড়া অবস্থায় রাখতে হয়। এসিটেলিন বোতল কাত বা উপড় হয়ে থাকা অবস্থায় রাখলে বিপত্তির সম্ভাবনা আছে।

গ্যাস কাটিং বা ফ্লেম কাটিং (Gas cutting or Flame cutting) ঃ– অক্সি-এসিটেলিন অগ্নিশিখা দ্বারা সহজে ইস্পাতের পাত, রড, এঙ্গেল,পাইপ ইত্যাদি কাটা যায়। এই অগ্নিশিখার নজল, ওয়েল্ডিং'এর নজল হতে ভিন্ন ধরনের। এই নজলের কেন্দ্রে একটি ছিদ্র থাকে যার মধ্য দিয়ে অক্সিজেন আসে। এই ছিদ্রের চতুর্দিকে বৃত্তাকারে ছোট ছোট অনেকগুলি ছিদ্র থাকে যার মধ্য দিয়ে এসিটেলিন প্রবাহিত হয়। কাটিং শুরু করার আগে শিখাকে নিউট্রাল ফ্লেমে পরিনত করে নিতে হয়। এবং এ দ্বারা ধাতুকে তাপ দিয়ে লাল করে নিতে হয় যার তাপমাত্রা প্রায় ১৬০০° F এ পৌছায়। এই অবস্থায় নজলের মধ্যবর্তী ছিদ্র দিয়ে অধিক হারে অক্সিজেন ছাড়তে হয়। ফলে ধাতু অক্সিডাইজড হয়ে চাপের মুখে কাটতে শুরু করে। এই অবস্থায় শিখাকে আস্তে আস্তে সামনের দিকে টেনে কাটিং কাজ অগ্রসর করে নিতে হয়। ভিন্ন ভিন্ন ধাতু এবং এর পুরুত্বের ভিন্নতার জন্য ফ্লেম নজলও আলাদা আলাদা ব্যবহার করতে হয়। কাস্ট আয়রন কাটার নজলের অক্সিজেন এবং এসিটেলিন উভয়ের ছিদ্রই তুলনামুলক বড় থাকে। ধাতুকে কাটবার সময় তার উপর দাগ বা মর্কিং দিয়ে নিতে হয় ।তারপর সমান গতিতে সেই দাগ বরাবর কেটে যেতে হয়।

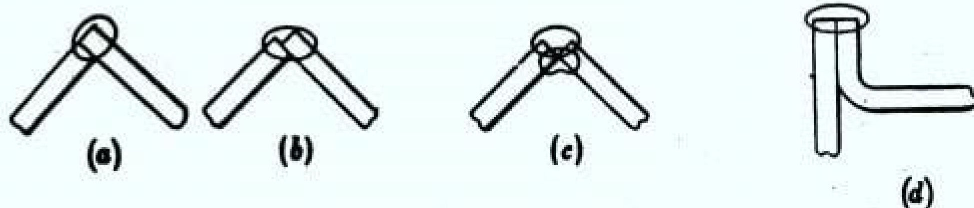
ওয়েল্ডিং জয়েন্ট (Welding joint) ঃ– কোন ধাতু প্লেট, পাইপ, ফ্লেনজ ইত্যাদি আর্ক বা গ্যাস ওয়েল্ডিং করার আগে তার জোড়া কি প্রকারের হলে ভাল হবে তা চিন্তা করতে হবে এবং সেই অনুসারে জোড়নের স্থানকে তৈরী করতে হবে। কি প্রকারের জোড়া দিতে হবে তা নির্ভর করে প্রধানত কি ধরনের লোড বা চাপ এর উপর কাজ করবে। অর্থাৎ টেনসন, কম্প্রেসন,বেন্ডিং,ফেটিগ না তাদের মিশ্রন; দ্বিতীয়ত লোডের মাত্রা বা চাপ কতখানি এবং তাহা একাধারে



—TYPES OF BUTT, TEE AND LAP-WELDED JOINTS

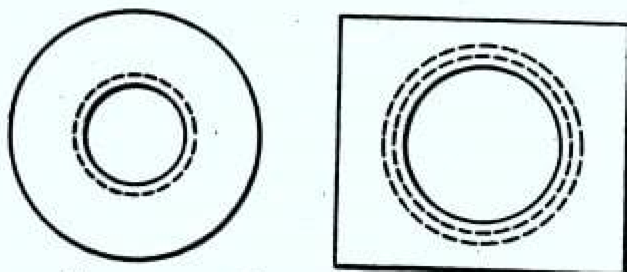
(a) Square butt joint.
(b) Single-V butt joint.
(c) Double-V butt joint.
(d) Single-U butt joint.
(e) Double-U butt joint.
(f) Square-T joint.
(g) Single-bevel T-joint.
(h) Double-bevel T-joint.
(i) Single-U T-joint.
(j) Double-U T-joint.
(k) Single-bead lap joint.
(l) Double-bead lap joint.

চিত্র নং—৮৮, বিভিন্ন প্রকারের জয়েন্ট ও তাদের ওয়েল্ডিং স্থান।

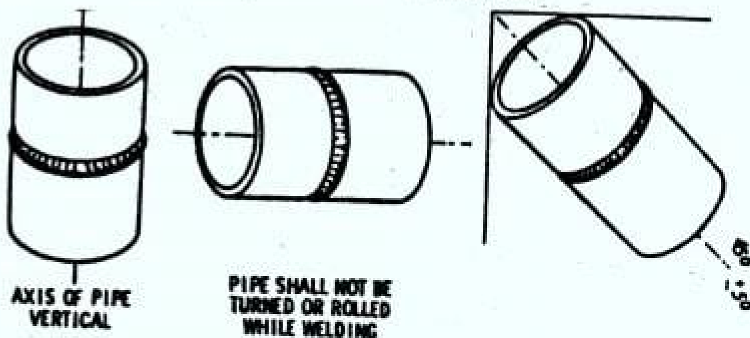


.—TYPES OF CORNER AND EDGE-WELDED JOINTS
(*a*) Flush-corner joint. (*b*) Half-open corner joint. (*c*) Full-open corner joint. (*d*) Edge joint.





—TWO METHODS OF AVOIDING "LIFT" WHEN WELDING FLANGES TO PIPE
Note the size of the inside welds in comparison with the sealing welds.



Various groove weld positions.

না তারতম্য অনুসারে। তৃতীয়ত যে ধাতু খন্ডদ্বয় জোড়া দেয়া হবে তাদের পুরুত্ব কতখানি। চতুর্থ জোড় তৈয়ার এবং ওয়েল্ডিং'এর জন্য যে খরচ হবে তা ঐ কাজের জন্য উপযুক্ত কিনা। তবে যতটা পারা যায় ওয়েল্ডিং'এর জোড় উত্তম করার চেষ্টা করা উচিৎ।

যে সব প্রকারের জয়েন্ট চালু আছে তাহা নিম্নে দেখান হল এবং তাহাদের ওয়েল্ডিং এর স্থান চিহ্নিত করা হল।

উপরোল্লিখিত জয়েন্টগুলির মধ্যে একক 'ভি' বাট জয়েন্ট বহুল প্রচলিত এবং ভাল। যদি জবের পুরুত্ব কম হয় তবে স্কয়ার বাট জয়েন্টেই চলে। তবে আধা ইঞ্চির উপরে হলে ভি –জয়েন্ট দেয়াই উচিৎ। আর যদি জব বেশী মোটা হয় তবে ডাবল ভি বা – U জয়েন্ট দেয়া দরকার, তাতে জোড়ার উভয় দিকে ষ্ট্রেস ব্যালেন্স হয়ে যায়।

ওয়েল্ডিং'এ ত্রুটি বিচ্যুতিঃ– ওয়েল্ডিং 'এ সাধারন ত্রুটি সম্পর্কে জোড়ন প্রক্রিয়ার মধ্যে কিছুটা আলোচিত হয়েছে। ওয়েল্ডিং 'এ ত্রুটির প্রধান কারণ হল ওয়েল্ডিং কার্য্যে অনভিজ্ঞতা,সঠিক ইলেক্ট্রোড এবং বিদ্যুৎ ব্যবহার না করা। ত্রুটি মুক্ত ওয়েল্ডিং করার জন্য সচেষ্ট হওয়া উচিৎ; বিশেষ করে যদি কোন গুরুত্বপূর্ন স্থানের জোড়া হয়, উচ্চ চাপের কোন পাইপ লাইন হয়। যদি জাহাজ বা তেলের টেঙ্ক হয় তখন জোড়নের কাজ অত্যন্ত সর্তকতা এবং নিপুনতার সাথে করা দরকার এবং ওয়েল্ডিং'এর পর জোড়াগুলি পরীক্ষা করে দেখা দরকার,নতুবা বড় রকমের ক্ষয়–ক্ষতি ও দুর্ঘটনার শিকার হতে হয়। ওয়েল্ডিং 'এ যে সব ত্রুটি গুলি দেখা দিয়ে থাকে সেগুলি হল–

ক) **ছিদ্রময়তা (Porosity) ঃ–** জোড়ার স্থানে ছোট ছোট ছিদ্র থাকা বা ভিতরে ফাপা থাকা। ইহা মূল ধাতুর মধ্যে ভেজাল থাকার জন্য হতে পারে। ওয়েল্ডিং দ্রুতগতিতে সম্পন্ন করতে চাইলে এমন হতে পারে এবং ভুল ইলেকট্রোড বা ফিলার তার ব্যবহারের জন্যও ছিদ্রময়তা হতে পারে।

খ) **দুর্বল ফিউসন এবং গলন গভীরতা (Incomplete fusion and poor penetration) ঃ–** ওয়েল্ডিং 'এর সময় বিদ্যুৎ প্রবাহ কম হলে এবং অনুপযুক্ত ইলেকট্রোড ব্যবহারের ফলে এমন হয়। গ্যাস ওয়েল্ডিং'এর বেলায় ধাতুকে গলনের সময় কম দেয়ার ফলে এমন ঘটতে পারে।

গ) **ধাতুমল সংযুক্তকরণ (Slag inclusions) :–** ওয়েল্ডিং'এর সাথে ধাতুমলকে জড়িয়ে ফেলা সংযুক্ত করে ফেলা। ইহা আর্ক ওয়েল্ডিং এর বেলায় হয়ে থাকে। ওয়েল্ডিং'এর স্তর দেয়ার পর উহাকে ভাল করে পরিষ্কার না করে আবার আরেক স্তর ওয়েল্ডিং করা এই ত্রুটির প্রধান কারণ। এছাড়া যদি আর্কের দৈর্ঘ্য বেশী ছোট হয় বা বিদ্যুৎ প্রবাহ কম হয় তাহলেও ধাতুমল সংযুক্ত অবস্থায় থেকে যায়।

ঘ) **আন্ডার কাটিং (Under cutting) :–** আর্ক ওয়েল্ডিং'এর সময় অতিরিক্ত বিদ্যুৎ প্রবাহ ব্যবহার করলে বা রড সাইজের ইলেকট্রোড নিলে এবং গ্যাস ওয়েল্ডিং'এর সময় প্রয়োজনের বড় সাইজ নজল ব্যবহার করলে জোড়ার দু'পাশে কাটার মত খাদ থেকে যায় যা জোড়াকে দুর্বল করেদেয়।

ঙ) **ওয়েল্ডিং'এ স্ট্রেস ও ফাটল (Stress and cracks) :–** ওয়েল্ডিং এর ক্ষেত্রে ইহাই জটিল এবং মারাত্মক ত্রুটি হিসাবে পরিচিত। এই ত্রুটিকে বুঝতে হলে এবং নিরসন করতে হলে কয়েকটি বিষয়কে আমাদের মনে রাখতে হবে। এই কথা আমাদের জানা আছে যে তাপ দিলে ধাতু আকারে বাড়ে এবং ঠান্ডা করলে কমে। ওয়েল্ডিং'এর সময় তাপের ফলে ধাতু সম্প্রসারিত হয় এবং ঠান্ডা হওয়ার সময় তা সংকুচিত হয়। যদি এই সম্প্রসারন এবং সংকুচন স্বাভাবিক ভাবে হতে না দেয়া হয় বা বাধার সৃষ্টি করা হয় তাহলে ধাতুর মধ্যে ষ্ট্রেস সৃষ্টি হয়। অতিরিক্ত ষ্ট্রেস থেকে ফাটল ধরে। যেহেতু ওয়েল্ডিং'এর স্থান গরম ও দুর্বল থাকে সেজন্য জোড়ার মধ্যে বা কিনারায় ফাটল ধরে। যেমন দুটি পাতকে আবদ্ধ অবস্থায় রেখে বা ভাইসে বেধে ওয়েল্ডিং করলে হয়ত পাত দুটি বাকা হয়ে যাবে নতুবা ওয়েল্ডিং স্থানে ফাটলের সৃষ্টি করবে। উত্তম পন্থা হল এই যে ওয়েল্ডিং করার পুর্বে জবকে আবদ্ধ অবস্থায় রেখে কিছু টেগ বা স্পট জোড়া দিয়ে নেয়া এবং পরে মুক্ত অবস্থায় ওয়েল্ডিং কাজ সম্পন্ন করা। দ্বিতীয় বিষয় হল এই যে উচ্চ তাপজনিত কারণে এবং দ্রুত সম্প্রসারন ও সংকুচনের ফলে ওয়েল্ডিং ও তার নিকটবর্তী স্থানে কম বেশী আভ্যন্তরীন ধাতু চাপ বা ষ্ট্রেসের সৃষ্টি হয় এবং তা দীর্ঘদিন সেখানে অবস্থান করতে থাকে। কাজের লোড বা চাপ দিনে দিনে যে কোন মুহুর্তে সেই স্থানকে ঘায়েল করতে পারে। সেজন্য উচ্চ লোড বা চাপ পূর্ণ স্থানের

ওয়েল্ডিংকে এবং যদি ধাতুর পুরুত্ব বেশী হয় তবে জোড়ার স্থান এবং তার আশেপাশের বেশ খানিকটা জায়গা হিট-ট্রিটমেন্ট (Heat treatment) করে নিতে হয়। অর্থাৎ ওয়েল্ডিং'এর আগে ১৫০-৩০০°C পর্যন্ত গরম করতে হয় এবং ওয়েল্ডিং'এর পরে আশে পাশের স্থান সহ সাধারনত৩০০-৬০০°C গরম গরম করে বালি বা ইনসুলেসন দিয়ে ঢেকে দিতে হয় যেন তাহা ধীরে ধীরে ঠান্ডা হতে পারে। এতে জোড়া ষ্ট্রেসমুক্ত হয়ে যায়। কাস্ট আয়রন,স্টেনলেস স্টীল ও ক্রোমিয়াম স্টীলের জন্য হিট ট্রিটমেন্ট করা অত্যাবশ্যক।

হিট ট্রিটমেন্ট কোণ্ প্রকার স্টীল এলয়ের জন্য কতটা হওয়া উচিৎ তাহা জানা থাকা ভাল। ওয়েল্ডারকে তাহা অবশ্যই জানতে হবে। ওয়েল্ডিং কাজ ত্রুটিমুক্তভাবে করার জন্য একজন ভাল ওয়েল্ডারকে তিনটি বিষয়ে জানতে হবে। ক) কোন স্টীল বা স্টীল এলয় যখন আরেকটি স্টীল বা স্টীল এলয়ের সাথে ওয়েল্ডিং করা হয় তখন দুই গ্রুপের ধাতু প্রকৃতি অনুসারে কি প্রকারের ওয়েল্ডিং করা শ্রেয়। অর্থাৎ ওয়েল্ডিং প্রসেস GMAW, GTAW, SMAW না অন্য কোন প্রকারের হবে। খ) উভয় গ্রুপের ধাতু প্রকৃতি অনুসারে কোন সাইজ এবং কোন প্রকারের ইলেকট্রোড ব্যবহার করা উচিৎ। অর্থাৎ ইলেকট্রোড কোড নাম্বার বা ব্রান্ড নাম অথবা নাম্বার কি হবে।

গ) ধাতু প্রকৃতি এবং জবের পুরুত্ব অনুসারে ওয়েল্ডিং এর আগে পরে হিট ট্রিটমেন্টের প্রয়োজন আছে কিনা, থাকলে কতটা কি প্রকারের ।অর্থাৎ ওয়েল্ডিং'এর আগে জবকে কতটা পূর্ব তাপ (preheat Temperature) দিতে হবে এবং ওয়েল্ডিং এর পরে কত তাপমাত্রায় (Post-weld Temperature) হিট ট্রিটমেন্ট করতে হবে।

এই বিষয়ে সংক্ষিপ্ত আকারে তথ্যাদি প্রকাশের জন্য একটি ইউরোপিয়ান কোম্পানী নিজেদের ব্যবহারের নিমিত্তে একটি ওয়েল্ডিং মাষ্টার চার্ট প্রণয়ন করেছে যা পরিশিষ্টাংশে দেয়া হল। এই চার্ট একজন ওয়েল্ডার তথা কারিগরের জন্য গুরুত্বপূর্ন ভূমিকা পালন করবে বলে মনে করি।

এই চার্টে সচরাচর ব্যবহৃত ইস্পাত ও তার সংকর ধাতু সমুহকে ছয়টি

গ্রুপে ভাগ করা হয়েছে এবং তা চার্টের প্রথম লম্বালম্বি কলাম ও বরাবর লাইনে লেখা হয়েছে। এখন একই গ্রুপের ধাতু সেই গ্রুপ বা অন্য গ্রুপের ধাতুর সাথে ওয়েল্ডিং করতে হলে কি পদ্ধতি অবলম্বন করা প্রয়োজন তা কলাম ও লাইন বরাবর গেলে যে ঘর পাওয়া যাবে সেখানে সংক্ষিপ্ত ভাবে লেখা আছে। ধরা যাক ৪নং গ্রুপের ধাতুকে (13crMo44) ৩নং গ্রুপের ধাতুর (15Mo3) সাথে ওয়েল্ডিং করা হবে তাহলে ৩নং কলাম ও ৪নং লাইন বরাবর গেলে আমরা দেখছি যে ওয়েল্ডিং পদ্ধতি হবে, GTAW, যে ওয়েল্ডিং তার বা ইলেকট্রোড ব্যবহার করতে হবে তাহা হল ER70S-G বা E7013-AI এবং ২০০°C পর্যন্ত পূর্ব তাপ (preheat temperature)দেয়া দরকার ও ওয়েল্ডিং এর পর ৫৫০–৬২০°C পর্যন্ত পর তাপ (Post -Weld) ক্রিয়া সম্পন্ন করা প্রয়োজন। এই ভাবে অন্যান্য গ্রুপের ধাতুর ওয়েল্ডিং সম্পর্কেও তথ্য পাওয়া যাবে। এই চার্টে যা দেয়া আছে অর্থাৎ যে পদ্ধতি বা ইলেকট্রোড সম্পর্কে বলা আছে তা হুবহুব যে মানতে হবে এমন কোন কথা নেই। প্রয়োজন বোধে এর সামান্য হেরফের হতে পারে। যেমন ইলেকট্রোড বা ফিলার তারের যে কোড দেয়া আছে তার সমমান বা তার কাছাকাছি মানের ইলেকট্রোড ব্যবহার করা যেতে পারে। অনেক স্থানে ওয়েল্ডিং'এর তিনটি বা দুটি পদ্ধতি উল্লেখ করা হয়েছে। সেখানে ব্যবহারের ক্ষেত্র হিসাবে নির্বাচন করতে হবে যে SMAW না GMAW নাকি GMTWপদ্ধতির ওয়েল্ডিং করা হবে। অর্থাৎ এই চার্ট ওয়েল্ডিং সম্পর্কে একটি গাইড হিসাবে বিবেচিত হতে পারে।

ওয়েল্ডিং জোড় পরীক্ষা ও নিরীক্ষা (Weld inspection and testing)

ওয়েল্ডিং করার পর তার জোড় পরীক্ষা করা উচিৎ, বিশেষ করে যদি গুরুত্বপূর্ন স্থানের ওয়েল্ডিং হয়।

এই পরীক্ষা নিরীক্ষা অনেক প্রকারের হতে পারে। তবে তাদেরকে তিনটি ভাগে ভাগ করা যায়।

১। **চোখে দেখে সাধারণ অবস্থা পরীক্ষা করা (Visual Inspection) :–** প্রথমে ওয়েল্ডিং জোড় দেখে বুঝা যায় যে ওয়েল্ডিং নিপুন হয়েছে না এবারো থেবরো হয়েছে। ওয়েল্ডিং'এর স্তর সঠিক হয়েছে কিনা তাও বুঝা যায়। ওয়েল্ডিং'এর মধ্যে ছিদ্রময়তা বা আন্ডার কাট আছে কিনা সেটাও ধরা পড়ে। অভিজ্ঞ ব্যক্তি হলে জোড়াকে হাতুড়ি দিয়ে আঘাত করে শব্দ থেকে বুঝতে পারে যে ভিতরে ফাপা বা ত্রুটি আছে কিনা।

২। **প্রকৃত পরীক্ষা (Pracical test):–** কোন জোড়া সত্যিকারভাবে লোড বা চাপ নিতে পারবে কিনা তা যন্ত্রের সাহায্যে পরীক্ষা করে নেয়া যায়। যেমন একটি জোড়ার টেনসাইল শক্তি (Tensile Strength) কতখানি তা শক্তি পরীক্ষক যন্ত্রের সাহায্যে দুইদিক থেকে টেনে যন্ত্রের মিটারে দেখা যায়। এই ভাবে ইম্পেক্ট টেস্ট (Impactest),ডাকটাইলিটি টেস্ট (Ductility test) করে দেখা সম্ভব। আবার যেমন একটি বয়লার পাইপের ওয়েল্ডিং'এর শক্তিসীমা হাইড্রোলিক পরীক্ষা দ্বারা দেখা হয়। অর্থাৎ বয়লারকে প্রথমে পানি দিয়ে পূর্ণ করা হয়। অতপর পাম্পের সাহায্যে বয়লার যত প্রেসারে চলে তার চেয়ে আরো বেশী চাপ সৃষ্টি করে দেখা হয় সেই জোড়ায় কোন লিক আছে কিনা বা ফাটল ধরেছে কিনা। এই সব বাস্তব টেস্ট সব সময় সব জায়গায় করা সুবিধাজনক হয় না। তাছাড়া এই টেস্ট করার সময় জব বা সংশ্লিষ্ট যন্ত্র নষ্ট হওয়ার সম্ভাবনা থাকে। কখনো কখনো উদাহরণ স্বরূপ জবকে নষ্ট করে তার জোড়ার শক্তি পরীক্ষা করা হয় বা মাপা হয়।

৩। **অবিনিষ্ট পরীক্ষা (Non-destructive Test) :–** জব বা ধাতু জোড়ার কোন ক্ষতি না করে বা বিনষ্ট না করে কয়েক প্রকারের পরীক্ষা করা যায়। যন্ত্র সংরক্ষন ক্ষেত্রে এই ধরনের পরীক্ষার প্রচলন অধিক এবং NDT নামে পরিচিত। এর মধ্যে এক্স–রে পরীক্ষায় সন্তোষজনক ফল পাওয়া যায়। অর্থাৎ জোড়ার অংশটিকে X-ray'এর মাধ্যমে ছবি নিলে জোড়ার ত্রুটি বিচ্যুতি ছবিতে দেখা যায়। X-ray'র পরিবর্তে গামা–রে দিয়েও এই পরীক্ষা হয়ে থাকে। জবের পুরত্ব বেশী হলে গামা–রে সঠিক কার্যকরী। অতঃপর আসে ম্যাগনেটিক পার্টিকেল টেস্ট Magnetic particle test। এই টেস্ট হল পরীক্ষার স্থানে চুম্বক ধর্মীয় লৌহ কনা

ছড়িয়ে দেয়া এবং ঐ স্থানকে বিদ্যুতের সাহায্যে চুম্বক ক্ষেত্রে পরিনত করা। এতে ম্যাগনেটিক পার্টিকেল গুলি এমন ভাবে অবস্থান গ্রহন করে যে জোড়ায় ফাটল থাকলে ঐখানে রেখার মত কণাগুলি বিভক্ত হয়ে থাকে। আরেকটি পদ্ধতি হল আলট্রা সনিক (Ultra sonic) বা ধ্বনি সমন্ধীয় পরীক্ষা। যন্ত্রের সাহায্যে Ultra sonic wave বা ধ্বনি তরঙ্গ জোড়ার বা জবের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত করে তার ফলাফল গ্রাফে পাওয়া যায়, যা থেকে আভ্যন্তরীন ত্রুটি বুঝা যায়। উপরোক্ত পরীক্ষাগুলির জন্য যন্ত্রপাতির প্রয়োজন হয় যার মূল্য অনেক। সেজন্য সর্বক্ষেত্রে এসব পরীক্ষা সম্ভব হয় না। অথচ জোড়ায় চুল পরিমান ফাটল থেকে গেলে (যা চোখে ধরা পড়ে না) তাহা বিশেষ ক্ষতির কারণ হয়ে দাড়াতে পারে। সাধারণ ত্রুটি বিচ্যুতি উপেক্ষা করলেও ফাটল যত ছোটই হউক তা উপেক্ষা করা যায় না। এই সব ফাটল পরীক্ষা করে দেখার জন্য সহজ একটি পদ্ধতি আছে যাহা ডাইপেনিট্রেন্ট পরীক্ষা নামে পরিচিত। এই পরীক্ষা দ্বারা ওয়েল্ডিং ছাড়া এই পদ্ধতিতে প্রথমে জব বা জোড়াকে গ্যাসোলিন, পেট্রোল বা থিনার দিয়ে পরিস্কার করে মুছে ফেলতে হবে। উত্তম ব্যবস্থা হল একটি পরিস্কার কাপড় পেট্রোল দ্বারা সামান্য ভিজিয়ে পরীক্ষার স্থানটিকে প্রথমে পরিস্কার করে নেয়া; অতপর সোডা মিশ্রিত পানি দিয়ে ধৌত করে নেয়া এবং অন্য কাপড় দিয়ে মুছে শুকিয়ে ফেলা। শুকাবার জন্য ১৫/২০ মিনিট সময়ও দেয়া যেতে পারে। এরপর সেখানে লিকুইড পেনিট্রেন্ট অর্থাৎ যে তরল পদার্থের অতি গভীরে প্রবেশ করার ক্ষমতা আছে ঐ স্থান জুড়ে তাহা ছড়িয়ে দিতে হবে। এই তরল পেনিট্রেন্ট কমপাউন্ড আলাদাভাবে তৈরী করে নিতে হবে। সাদা পরিস্কার কেরোসিন ৮০% ট্রেন্সপরমার ওয়েল ১৫%,টারপেন টাইন তৈল ৫% একত্রে মিশিয়ে তার সাথে প্রতি লিটারে ১৫–২০ গ্রাম সুডান–৩ (sudan -3) রং বা গ্রীজ অরেঞ্জ (Greaze orange) মিশিয়ে এই কম্পাউন্ড তৈরী করতে হয়। এই পেনিট্রেন্ট কমপাউন্ড দেয়ার পর ৪৫–৬০ মিঃ সময় পর্যন্ত রেখে তরল পদার্থকে ঠান্ডা পানি দিয়ে সম্পূর্ণ মুছে ফেলতে হবে। ইতিমধ্যে এই তরল পদার্থ ফাটল বা পুরোসিটি ছিদ্রের ভিতরে প্রবেশ করে যাবে। অতঃপর ভেজা স্থানে চক পাউডার ছাড়িয়ে দিলে অথবা চক পাউডার পানিতে গলিয়ে পাতলা স্তর দিয়ে দিলে ফাটল বা পুরোসিটর স্থান কিছুক্ষনের মধ্যে ভেসে উঠে। যদি অন্যান্য তেল বা রং যোগাড় করা না

যায় তবে শুধু কেরোসিন বা পেট্রোল দিয়ে স্থানটি ধুয়ে মুছে দিয়ে মিহি চক পাউডার উপরে ছড়িয়ে দিতে হবে। অতপর ঐ যন্ত্রাংশকে উল্টিয়ে ধরে রাখতে হবে। অথবা যন্ত্রাংশটিকে নাড়াচাড়া করে বা ঐ স্থানে হাতুড়ী দিয়ে ঠুকিয়ে দিলে তেল ফাটল থেকে বেড়িয়ে চকে স্পর্শ করবে এবং ভিজে গিয়ে ফাটল বরাবর রেখা চিহ্ন তৈরী করবে। এই পরীক্ষাআরো পরিচ্ছন্ন, উন্নত ও গ্রহনীয় করার জন্য বাজারে স্প্রে জাতীয় ডাইপ্রেনিট্রেন্ট ও ডেভেলপার পাওয়া যায়। এইগুলি তিনটি আলাদা স্প্রে কৌটায় বিভক্ত থাকে। প্রথমটি ক্লিনিং এজেন্ট যা জবে স্প্রে করে ঐ স্থানকে পরিস্কার করে নিতে হয়। দ্বিতীয়টি ডাই পেনিট্রেন্ট যা স্প্রে করে দিলে ঐ স্থান লাল বর্ণের হয়ে যায় এবং পেনিট্রেন্ট ফাটলের ভিতরে ঢুকে পড়ে। ১০/১৫ মিনিট পর কাপড় দিয়ে বা প্রয়োজনবোধে পানি দিয়ে ঐ স্থানকে মুছে ফেলতে হবে। তৃতীয়টি ডেভেলপার যার রং সাদা হয়ে থাকে। কিছুক্ষন পর ইহা স্প্রে করে দিলে ফাটলের স্থান ছাড়া বাকীটা সাদা থেকে যায়। ফাটল বরাবর লাল রংয়ের রেখা ফুটে উঠে। এই পদ্ধতি সহজ এবং সস্তা বলে যথেষ্ট ব্যবহার হয়ে থাকে। তবে এর সাহায্যে ওয়েল্ডিং'এর ভিতরের দিকে কোন ত্রুটি বা ফাটল থাকলে ধরা সম্ভব নয়। সে ক্ষেত্রে রেডিওগ্রাফী বা এক্স–রে উত্তম।

পরীক্ষা নিরীক্ষার পর জোড়ায় ত্রুটি দেখলে বা ধরা পড়লে সেই স্থানকে গ্রাইন্ডিং করে লক্ষ্য করলে ফাটল দেখা যায়। ফাটল মেরামত করার জন্য ফাটল রেখার চেয়ে অধিক এলাকা জুড়ে গ্রাইন্ডিং করে তুলে দিতে হবে। যদি জোড়াটি ছোট হয় তবে সম্পূর্ণ ওয়েল্ডিং তুলে দিয়ে নুতন করে ওয়েল্ডিং করাই শ্রেয়।

ওয়েল্ডিং'এর কাজ ওয়েল্ডারই করবে। তবে প্রকৌশলী বা কারিগরদের এই বিষয়ে সম্যক জ্ঞান থাকা দরকার। কেননা একটি কাজে কি ধরনের ওয়েল্ডিং প্রয়োজন তা আগে থেকে নির্ধারন করতে হয়। দ্বিতীয়ত অনভিজ্ঞ বা আনাড়ী ওয়েল্ডার হলে তাকে সঠিক পদ্ধতি এবং কাজ সম্পর্কে নির্দেশ দেয়া প্রয়োজন হয়ে পড়ে। তৃতীয়ত ওয়েল্ডিং'এর পর তা পরীক্ষা নিরীক্ষা করে দেখার দায়িত্ব প্রকৌশলী বা দায়িত্ববান কারিগরের।

সোল্ডারিং ও ব্রেজিং (Soldering and Brazing) :– সোল্ডারিং ও ব্রেজিং প্রকৃত পক্ষে ওয়েল্ডিং নয়, তবে কিছু সামঞ্জস্য আছে। এই

জোড়ের যথেষ্ট প্রচলন আছে এবং ক্ষেত্র বিশেষে খুবই উপযোগী বলে এই অধ্যায়ে উল্লেখ করা গেল। এই পদ্ধতি সহজ এবং কোন মেসিন পত্রের দরকার হয় না। আমাদের দেশে স্বর্নকার, কামারশালায় এবং ছোট খাট ওয়ার্কসপে এই পদ্ধতিতে অনেক বস্তুর জোড়া দেয়া হয়। ইহা আমাদের নিকট 'ঝালাই' নামে পরিচিত। এই কাজ ওয়েল্ডিং'এর সাথে পার্থক্য হল এই যে জবের ধাতুর কিনারাদ্বয় গলে না বা ফিউসন পদ্ধতিতে জোড়া হয় না। এই ক্ষেত্রে জবকে কিছুটা গরম করে ফিলার তার বা ফিলার গুরা প্রয়োগ করা হয় এবং তাপ দেয়া হয়। এতে উহা গলে গিয়ে জোড়ার স্থান পুর্ন করে এবং ধাতুর উপরেও প্রলেপ হিসাবে থাকে। এই গলিত ধাতুর এডহেসন (adhesion) গুণ বা কামড়ে থাকার গুণের ফলে জোড়া তৈরী হয়ে যায়। এই জোড় সাধারনত চার পাঁচ প্রকারের হয়ে থাকে। প্রথমে ধরা যাক সোল্ডারিং এর কথা। এই পদ্ধতিতে একটি সোল্ডার রডকে চুল্লীতে বা বৈদ্যুতিক উপায়ে ৪০০–৬০০$^{\circ}$F পর্যন্ত গরম করে রডের টিপে সোল্ডার ধাতু লাগিয়ে তা জবের জোড়ায় ঘষে দিতে হয়। অবশ্য সাথে ফ্লাক্স (flux)ব্যবহার করা হয়। এই সোল্ডার রূপা, দস্তা, সীসা, টিন, তামা, ইত্যাদি ধাতুর আনুপাতিক মিশ্রনে হয়ে থাকে। ফ্লাক্স হিসাবে জিঙ্ক ক্লোরাইড রজিন, বোরকস, চর্বি ইত্যাদি ব্যবহার হয়। এই জোড় তেমন শক্তিশালী হয় না। সাধারনত হালকা কাজ,বৈদ্যুতিক তার জোড়া, ইলেক্ট্রনিক ইলিমেন্ট সমূহ এই পদ্ধতিতে জোড়া দেয়া হয়ে থাকে।

দ্বিতীয় পদ্ধতি হল ব্রেজিং এবং এই জোড়ের শক্তি সোল্ডারিং এর চেয়ে অনেক বেশী এবং ওয়েল্ডিং জোড়ার কাছাকাছি। দুটি বিরূপ ধর্মী ধাতুকে জোড়া দেয়ার কাজে এর ব্যবহার উল্লেখযোগ্য। লৌহ এবং তামা বা তামা এবং এলুমিনিয়াম ওয়েল্ডিং'এর সাহায্যে জোড়া দেয়া দুসাধ্য ব্যাপার। ব্রেজিং'এর সাহায্যে এধরনের জবে শক্ত জোড়া দেয়া যায়। এই পদ্ধতিতে জবকে অগ্নিশিখা, ইলেকট্রিক চুল্লি বা অক্সি–এসিটেলিন ফ্লেমের সাহায্যে লাল গরম করে (১১০০–১৫০০$^{\circ}$F) এবং জোড়ার স্থান পুনরায় গরম একটি ধারাল রডের সাহায্যে পরিস্কার করে ও কিছুটা আচড় কেটে দিতে হয়। এর উপর বোরাকস বা বোরন জাতীয় ফ্লাক্স ছাড়িয়ে দিয়ে ঐ রডের সাহায্যে ঘষে দিতে হয়। অতপর ব্রেজিং ধাতু তার বা টুকরা আকারে লাগিয়ে দিতে হয়। ব্রেজিং ধাতু ভালভাবে জোড় স্থানে লাগিয়ে দিয়ে চেপে ধরে রাখতে হয়। অতপর উহাকে ধীরে ধীরে ঠান্ডা হতে দিলে জোড়া লেগে যায়। ব্রেজিং'এর ধাতু সাধারনত রৌপ্য মিশ্রন (silver alloy)

তামা ও দস্তার মিশ্রন (Copper & zine alloy)হয়ে থাকে। তবে যেই মিশ্রনই হউকনা কেন ব্রেজিং ধাতুর গলন তাপমাত্রা জোড়ন মূলধাতুর গলন তাপমাত্রার চেয়ে কম হতে হবে। জোড়নের তাপমাত্রা এবং ধাতুর ব্যবহার অনুসারে ব্রেজিংকে নরম ব্রেজিং (soft brazing) এবং শক্ত ব্রেজিং (Hard brazing) বলা হয়ে থাকে। অনুরুপভাবে সোল্ডারিংও নরম ও শক্ত হিসাবে দুইভাগে পরিচিত আছে। কেউ কেউ শক্ত সোল্ডারিংকে ব্রেজিং নামেও আখ্যায়িত করে থাকে।

থারমিট ওয়েল্ডিং (Thermit welding) ঃ— এই ওয়েল্ডিং'এ কোন প্রকার যন্ত্র বা বিদ্যুতের প্রয়োজন হয় না। ফলে বিশেষ বিশেষ ক্ষেত্রে এর ব্যবহার প্রণিধানযোগ্য। এই ওয়েল্ডিং'এ দুই বা ততোধিক প্রকারের ধাতু এবং রাসায়নিক দ্রব্যের পাউডার মিশ্রিত অবস্থায় ব্যবহার হয়। জোড়নের স্থানকে মোল্ড (Mould) বা কাঠামো দ্বারা আবদ্ধ করে সেখানে মিশ্রিত পাউডার ঢেলে দেয়া হয়। অতপর তাতে অগ্নিসংযোগ করলে সেই মিশ্রন রাসায়নিক প্রক্রিয়ার মাধ্যমে বিস্ফোরিত হয়ে উচ্চ তাপের সৃষ্টি করে এবং মূল ধাতুকে গলিয়ে ওয়েল্ডিং অবস্থায় নিয়ে আসে। অগ্নি সংযোগ না করে জোড়নের স্থানকে প্রথমে গরম করে সেখানে মিশ্রিত পাউডার ঢেলে দিলেও একই প্রক্রিয়ায় ওয়েল্ডিং হয়ে যায়।

উদাহরনস্বরূপ বলা যেতে পারে যে লোহার যে কোন প্রকারের মোটা বড় রড বা রেলকে জোড়া দেয়ার জন্য এলমুনিয়াম পাউডার ও আয়রন অকসাইড গুড়া ব্যবহার করা হয়। বড় ষ্টীল কাস্টিং'এর খাচা বা বড় ব্যাসের ভগ্ন সাফ্ট এই পদ্ধতিতে ওয়েল্ডিং করে মেরামত করা যায়। এই পদ্ধতিতে বৈদ্যুতিক মোটা তার বা বলও জোড়া দেয়া হয়ে থাকে। আমাদের দেশে থারমিট ওয়েল্ডিং'এর প্রচলন খুব কম।

কোল্ড ওয়েল্ডিং (Cold welding) ঃ—

কোল্ড ওয়েল্ডিং আসলে ওয়েল্ডিং নয়। কোন কম্পাউন্ড, রেজিন লিকুইড বা পেষ্ট জাতীয় সলিউসন দ্বারা ধাতব পদার্থ জোড়ন বা যন্ত্রাংশের মেরামত করাকে বুঝায়। এই জোড়ন কার্য্যে কোন তাপ প্রয়োগ করতে হয় না বলে একে কোল্ড বা শীতল ওয়েল্ডিং বলে। বর্তমানে উন্নত দেশ গুলিতে ভাল মানের রেজিন জাতীয় কম্পাউন্ড তৈরী হচ্ছে। এদের মধ্যে ডেবকন (Devcon), এরেলডাইট (Araldite) ও লকটাইট (Locktite) কোম্পানীর মাল বিশেষ পরিচিত।

ভিন্ন ভিন্ন প্রকৃতির কম্পাউন্ড ও সলিউসন আছে। জোড়ন কাজের চেয়ে মেরামত কাজে এদের ব্যবহার অধিক। ছোট খাট কাজে বা যেখানে ওয়েল্ডিং করা অসুবিধা জনক এবং যেসব ধাতুতে ওয়েল্ডিং করা সহজ নয়, সেখানে কোল্ড ওয়েল্ডিং দ্বারা যন্ত্রাংশ মেরামত করা সহজ। বর্তমানে এইসব কম্পাইন্ডের মান এত উন্নত হয়েছে যে এর দ্বারা যন্ত্রাংশ মেরামত করে মেসিনিং ও করা চলে। ধরা যাক একটি সাফ্‌ট জার্নাল ক্ষয়প্রাপ্ত হয়ে গেছে। ঐ অংশ টার্নিং করে কিছুটা কমিয়ে ডেবকন মেটাল কম্পাউন্ড দ্বারা ওভারসাইজ কোটিং দিয়ে আবার মেসিনিং করে সঠিক মাপে আনা যায়। যদি কোন যন্ত্রের বা ভাল্বের বডি ছিদ্র হয়ে যায় তখন ঐ অংশে প্লাগ করে চারিদিকে কম্পাউন্ড দিয়ে সিল করে দিলে দীর্ঘদিন চলে। যদি ছিদ্রটির আকার বড় হয় তবে উপরে বা নীচে মেটাল প্লেটের সাপোর্ট লাগিয়ে খালি স্থানটুকু মেটাল পুলি দিয়ে ভরে দিলে ভাল ফল পাওয়া যায়। কেরোসনে ক্ষয় হয়ে যাওয়া কোন পাইপ লাইন, ওয়াটার বক্স, পা বডি এন্টি করোসিন কম্পাউন্ডের প্রলেপ দিয়ে অতি সহজে মেরামত করা যায়। কোথায় কি ধরণের প্রলেপ দিতে হবে, রেজিন ও হার্ডনারের (Hardner) মিশ্রন মাত্রাও জানতে হবে। এই বিষয়ে প্রস্তুত কারকের নির্দেশ লিপিতে বিস্তারিত লিখা থাকে। যে স্থানে প্রলেপ দিতে হবে তা আগে পরিস্কার করে নিতে হবে। প্রলেপ বা কোটিং দেয়ার পর ফাইল করে বা গ্রাইন্ডিং করে যন্ত্রাংশের সঠিক মাপ ও আকৃতি দেয়া সম্ভব।

আমাদের দেশে এইসব কম্পাউন্ড বা মেটাল পুলির ব্যবহার এখনও প্রসারলাভ করেনি। এর মূল্য একটু বেশী হলেও ছোটখাট কাজে এসবের ব্যবহারের সুবিধা অনেক। প্রত্যেক কলকারখানায় উন্নতমানের বিভিন্ন প্রকৃতির কোল্ড ওয়েল্ডিং কম্পাউন্ড বা মেটাল পুটি মজুদ রাখা আবশ্যক।

অনেক সময় ছোট ছোট ফাটল পুটি দিয়ে মেরামত করা যায়। তবে যন্ত্রে বা যন্ত্রাংশে ফাটল মেরামতের জন্য আলাদা প্রকৃতির কারিগরি পদ্ধতি বর্তমানে প্রয়োগ করা হয়ে থাকে, যা নিম্নে বর্নিত হল।

ফাটল মেরামত (Crack repair) ঃ-

কখনো কখনো যন্ত্রে বা যন্ত্রাংশে ফাটল দেখা দেয়। ফাটল দেখা দিলে তা দিনে দিনে বাড়তে থাকে। সুতরাং ফাটল মেরামত করা দরকার। সব সময় ফাটল এমনি চোখে ধরা পড়ে না। সেজন্য ডাই পেনিট্রেন্ট বা চক পাউডার পরীক্ষার মাধ্যমে ক্র্যাক সনাক্ত করতে হয়। যদি ফাটল ছোট হয় তবে তা গ্রাইন্ডিং করে

উঠিয়ে দেয়া উত্তম। যন্ত্রাংশ বা মেসিনের বডিতে যদি উল্লেখযোগ্য ফাটল থাকে তবে তা মেরামত করা প্রয়োজন হয়ে পড়ে। স্টীল হলে ওয়েল্ডিং করা সম্ভব। কিন্তু ঢালাই লোহায় তা অসম্ভব বা খুবই কঠিন। 'এতে ফাটল আরো বেড়ে যাওয়ার সম্ভাবনা থাকে। তই নিম্নলিখিত পদ্ধতিতে মেরামত করা শ্রেয়।

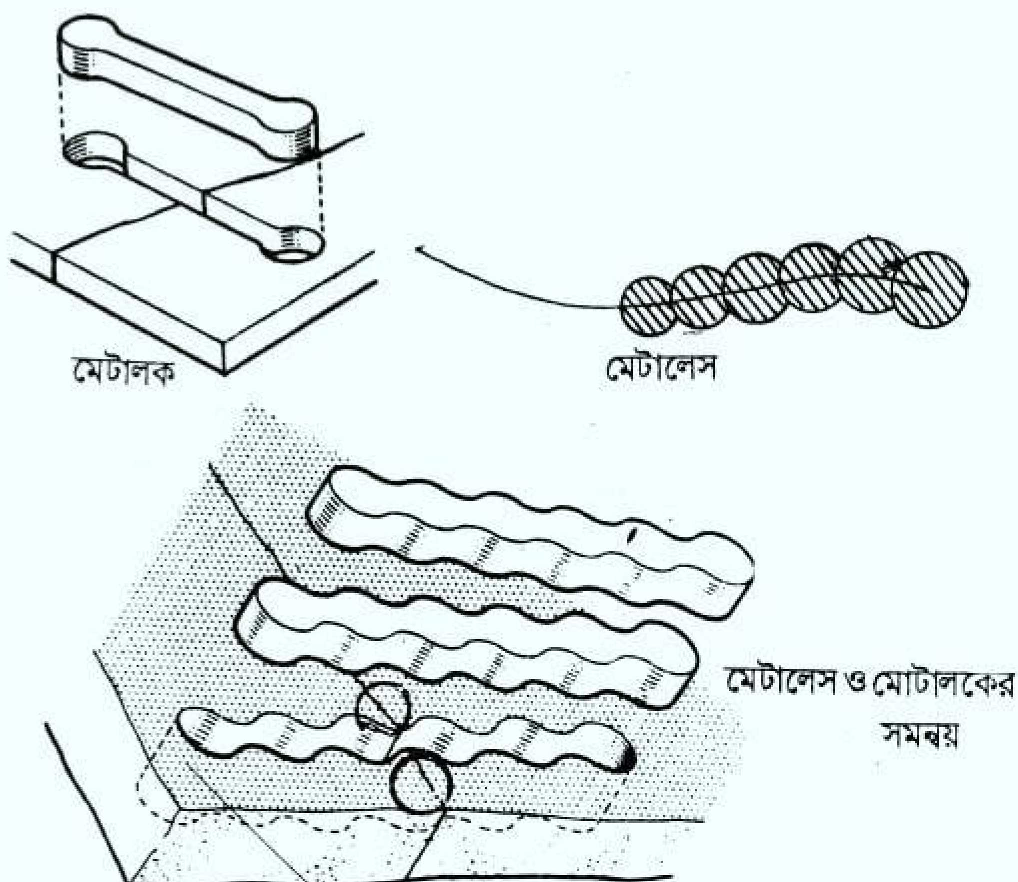
যে কোন ফাটলের অগ্রগতিকে রোধ করার প্রধান উপায় হল ফাটলের শেষে দুই প্রান্তে ড্রিল করে দেয়া। প্রয়োজনে সেই ছিদ্রে টেপ চালিয়ে প্যাচ কেটে মাইল্ড স্টীলের স্ক্রু অথবা প্লাগ দ্বারা বন্ধ করে দেয়া। যদি ফাটলের দৈর্ঘ্য ছোট হয় কিন্তু গভীরতা বেশী থাকে তবে সেই অংশটিকে ড্রিল করে দিয়ে বোল্ট বা প্লাগ করে দেয়া যেতে পারে। যদি ফাটল ছোট অথচ গভীরতা কম হয় তবে তা গ্রাইন্ডিং করে উঠিয়ে দিয়ে মেটাল পুটি দ্বারা মেরামত করাই শ্রেয়। যদি কোন পাম্পে বা যন্ত্রের বডিতে আকা বাকা লম্বা ফাটল দেখা দেয় তবে তা তিন প্রকারে মেরামত করাযায়।

মেটালেইস বা চেইন রিবেটিং (Metalace or Chain riveting) ঃ- এই পদ্ধতি হল ফাটল বরাবর সারিবদ্ধ প্লাগিং করে ফাটলকে বন্ধ করা। যে যন্ত্র বা যন্ত্রাংশে ষ্ট্রেস বা প্রেসার কম সেখানে মেটালেস পদ্ধতিতে মেরামত করা সহজ। ফাটলের শেষ এক প্রান্তে একটু বড় ছিদ্র করে (ধরা যাক আধা ইঞ্চি ব্যাসের ছিদ্র) প্রথমে একটি নরম ধাতুর মাইল্ডস্টীল প্লাগ বা স্ক্রো বসাতে হবে। অতপর ফাটলের দিকে আরেকটি ছিদ্র (১/৪ বা ৩/৮ ইঞ্চি) এমনভাবে করতে হবে যেন আগের প্লাগটিকে কিছুটা স্পর্শ করে। এই ছিদ্রটিকে নরম ধাতুর প্লাগ দ্বারা পুস ফিট প্লাগিং করতে হবে। এমনি ভাবে ড্রিল করে প্লাগিং দ্বারা পূর্ণ ফাটলটিকে বন্ধ করতে হবে।

মেটালক (Metalock):- মেটালক প্রধানত অনেকটা সার্জিকাল স্টিচের মত। ধাতুর চাবির মত ফাটলের উভয়দিকে সমান দুরত্বে আধা ইঞ্চি থেকে এক ইঞ্চি ব্যাসের দুটি ছিদ্র করতে হয়। মাঝের অংশটুকু প্রথমে ছোট ব্যাসের (৩/৮ থেকে ১/২) ইঞ্চি) ড্রিল করে উঠিয়ে দিতে হয়। অতপর গ্রাইন্ডিং করে বা চিকন ফাইল দিয়ে ঘসে ঘসে চেনেল তৈরী করতে হয়। এরপর একই মাপের ডাম্ব-বেল (Dumb-bell) আকৃতির একটি অথবা কয়েকটি পাতলা চাবি তৈরী করে ঐ স্থানে কষা ফিটের মাধ্যমে বসাতে হয়। এই চাবি ফাটলের দুই দিককে টেনে ধরে রাখে। এই ভাবে ফাটল অনুসারে এক, দুই, তিন বা আরো বেশী পরিমানের চাবি দ্বারা ফাটলকে সেলাই করা হয়। যদি যন্ত্রাংশটির পূরুত্ব বেশী হয় তবে পূরুত্বের অর্ধেকের বেশী গভীরতায় চেনেল তৈরী করে আবদ্ধ করাই শ্রেয়। উচ্চ চাপ বা ট্রেসের যন্ত্রে এই ধরণের মেরামত উত্তম।

মেটালেস বা মেটালকের সমন্বয় (Combined metalace & metalack):- উচ্চ চাপের যন্ত্র বা পাম্প, যেখানে সিলিং করার প্রশ্নও আছে সেখানে মেটালেইস ও মেটালক উভয় পদ্ধতির মেরামত করা প্রয়োজন। প্রথমে মেটালক পদ্ধতিতে চাবি দিয়ে আবদ্ধ করে নিতে হয়। অতপর মেটালেস পদ্ধতিতে মধ্যবর্তী অংশটুকু বন্ধ করতে হয়। চাবির উপরে প্লাগিং হবে না তবে নিকটবর্তী চাবিকে স্পর্শ করে থাকবে। সিলিং কার্য্যকে দোষমুক্ত করার জন্য প্লাগ ও চাবির অংশটুকু মেটাল পুটির প্রলেপ দিয়ে ঢেকে দেয়া যায়।

উপরিউক্ত নিয়ম কানুনগুলির হেরফের করে সুবিধাজনক উপায়ে ও পদ্ধতি অবলম্বন করে পাম্প তথা ছোট বড় সব রকম যন্ত্রের ফাটল মেরামত করা সম্ভব। ধাতুখন্ড, প্লাগ, কাস্টিং বা ফোর্জিং পদ্ধতির সমন্বয়ে বড় ফাটল বা গোলাকৃতির ফাটল মেরামত করা যায়, যাকে মাষ্টার লক (Masterlock) পদ্ধতি বলে। নীচে তিন প্রকার পদ্ধতি চিত্রের সাহায্যে ব্যাখ্যা করে দেখান হল।



ফাটল মেরামত পদ্ধতির চিত্র সমূহ

চতুর্দশ অধ্যায়

যন্ত্রের ভিত্তি

(MACHINE FOUNDATION)

যন্ত্রকে ভূমির সাথে ধরে রাখার জন্য যে ব্যবস্থা নেয়া হয় তাকে যন্ত্রের ভিত্তি বলে। একটি দালানের জন্য যেমনি ভিত্তির প্রয়োজন হয় তেমনি যন্ত্রের জন্যও ভিত্তির দরকার হয়, এবং তাদের প্রস্তুত প্রণালীও অনেকটা এক রকম। যন্ত্রের ভিত্তি কিরূপ হবে তা নির্ভর করে যন্ত্রের মোট ওজন, তার চলন প্রকৃতি এবং যে ভূমির উপর স্থাপন করা হবে তার অবস্থা। একটি যন্ত্রের ভিত্তি তৈরী করার সময় নিম্নলিখিত তিনটি বিষয়কে বিবেচনায় রাখতে হবেঃ

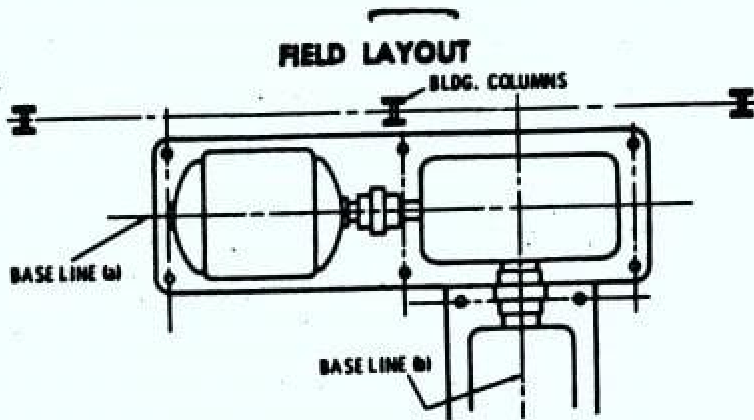
১। ভিত্তি এমন হতে হবে যেন যন্ত্রের ওজন এবং উহার উপর আরোপিত ওজন ও শক্তি সমূহকে সঠিকভাবে ধরে রাখতে পারে এবং দিনে দিনে ভিত্তি নীচে বসে না যায় বা ফেটে না যায়।

২। যন্ত্র বা যন্ত্রসমূহের কেন্দ্রীকরণ (alignment) রেখা যেন সরে না যায়।

৩। যন্ত্রের কম্পন এবং অযাচিত শক্তি যা ভিত্তির মধ্যে সমপ্রসারিত হবে তাকে ধারণ ও শোষণ (absorb) করার ক্ষমতা যেন ভিত্তির থাকে।

সুতরাং ভিত্তি তৈরীর প্রস্তুতি নেয়ার আগে যন্ত্রের পরিমাপ ও প্রকৃতি সম্পর্কে ভালভাবে জেনে নিতে হবে এবং সেইভাবে ভিত্তি তৈরীর পরিকল্পনা নিতে হবে। যন্ত্রের ভিত্তি সঠিক না হলে যন্ত্র চলার সময় কম্পন বেশী হয়। কনক্রিট ফেটে যায়। ভিত্তি একবার খারাপ হলে তা মেরামত বা পরিবর্তন ব্যয় ও সময়সাপেক্ষ হয়ে পড়ে। সুতরাং যন্ত্রের ভিত্তি তৈরীর সময় প্রথম কাজ হবে ভিত্তির স্থান নির্বাচন ও চিহ্নিতকরণ। যন্ত্রের স্থান নির্বাচনের সময় লক্ষ্য রাখতে হবে যেন যন্ত্রটির চারিদিকে এবং উপরে যথেষ্ট ফাঁকা জায়গা থাকে। কারণ যন্ত্র বসাতে বা যে কোন সময় মেরামত করতে কোনরূপ বাধার সৃষ্টি না হয়। ভিত্তির স্থানটিকে মাপজোক করে চিহ্নিত করতে হবে। নিকটবর্তী কোন ওয়াল বা

পিলারকে সূত্র ধরে একটি ভিত্তি রেখা টেনে নিয়ে সমকোণের নিয়ম অনুসারে বা সুবিধাজনক যে কোন নিয়মে ভিত্তির স্থান চিহ্নিত করতে হবে। ভিত্তির এই চিহ্নিতকরণকে লে-আউট বলে। নিম্নে একটি লে-আউটের নকসার নমুনা দেয়া হল।



চিত্র নং ৮৯, একটি লে—আউট নকসার নমুনা

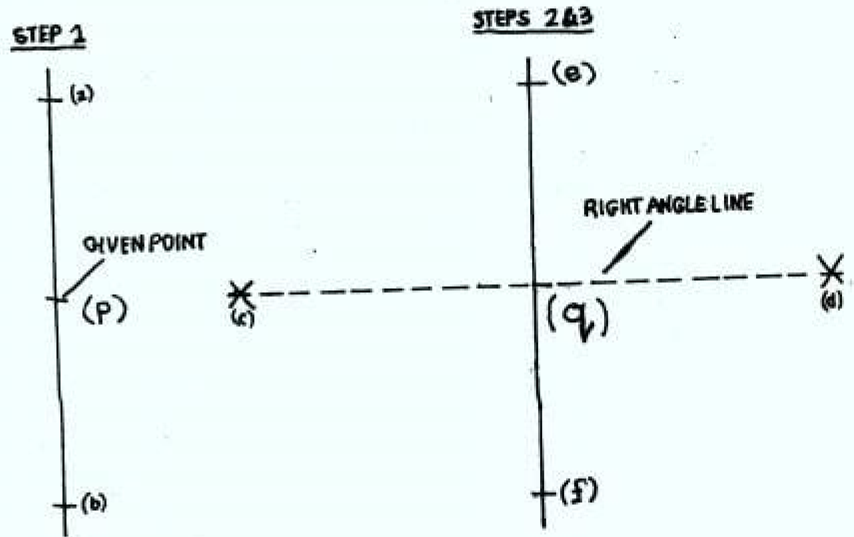
বিল্ডিং কলামকে কেন্দ্র করে সেই বরাবর প্রথমে একটি লাইন টানা হয়েছে। অতঃপর তার সমান্তরাল করে যন্ত্র স্থাপনের জন্য ভূমি রেখা (a) টানা হয়েছে। এই রেখার উপর লম্বালম্বি আরেকটি ভূমি রেখা (b) টানা হয়েছে। এই রেখাদ্বয়ের সমান্তরাল করে প্রয়োজনীয় অন্যান্য লাইন টানা হয়েছে যার উপর ভিত্তি করে যন্ত্র বসবে এবং ভিত্তি স্থাপন হবে।

বড় স্টীলের স্কয়ার বা মিস্ত্রির ট্রাইস্কয়ারের সাহায্যে এইরূপ লাইন টানার সূত্র রেখা পাওয়া যেতে পারে। বড় আকারের লে-আউটের জন্য এরূপ অঙ্কন সঠিক হয় না। সে জন্য অন্যান্য জ্যামিতিক পদ্ধতি অবলম্বন করতে হয়। সহজ এবং উপযুক্ত এমন তিনটি পদ্ধতি সম্পর্কে ব্যাখ্যা করা হলঃ

১) বৃত্তচাপ পদ্ধতিঃ— এই কাজের জন্য স্টীল টেপ, তার অথবা পিয়ানো তার ব্যবহার করা যেতে পারে। সূতা ব্যবহার করা ঠিক নয়।

বিল্ডিং'এর ওয়াল বরাবর অথবা পিলার বরাবর একটি সরল রেখা প্রথমে টানতে হবে। এর উপর পছন্দ অনুসারে একটি বিন্দু (p) সনাক্ত করতে হবে। পরে সমান দূরুত্বে দুটি বিন্দু (a) এবং (b) চিহ্নিত করতে হবে। এখন (a) বিন্দুকে কেন্দ্র করে (a-b) দূরত্বের চেয়ে বেশী পরিমান দূরুত্ব নিয়ে ব্যবহৃত তারের মাথায় তারকাটা বা পিন লাগিয়ে ভূমির উপর একটি বৃত্তচাপ আঁকতে

হবে। একইভাবে (b) বিন্দুকে কেন্দ্র করে আরেকটি বৃত্তচাপ অঙ্কন করতে হবে। ধরা যাক উভয় বৃত্তচাপ (c) বিন্দুতে ছেদ করেছে। এবার প্রয়োজন অনুসারে আরো বেশী দূরত্ব নিয়ে একইভাবে (a) এবং (b) বিন্দুদ্বয়কে কেন্দ্র করে দুটি বৃত্তচাপ আঁকতে হবে। ধরা যাক উহারা (d) বিন্দুতে ছেদ করেছে, এখন (c) ও (d) যোগ করলে অর্থাৎ (c)–(d) বরাবর তার টানা দিলে যে সরল রেখা পাওয়া যাবে তাহা (a)-(b) লম্বালম্বি হবে। আবার একই পদ্ধতিতে (c)-(d) রেখার উপর (q) বিন্দু বরাবর (e)-(f) লম্ব রেখা টানা যেতে পারে। এই (e)-(f) সরল রেখা (a)-(b) এর সমান্তরাল রেখা হবে। এই সব রেখা টানার সময় তারকে শক্ত করে টেনে ধরতে হবে এবং সেই বরাবর ভূমির উপর চক পাউডার বা চুনা দিয়ে লাইন

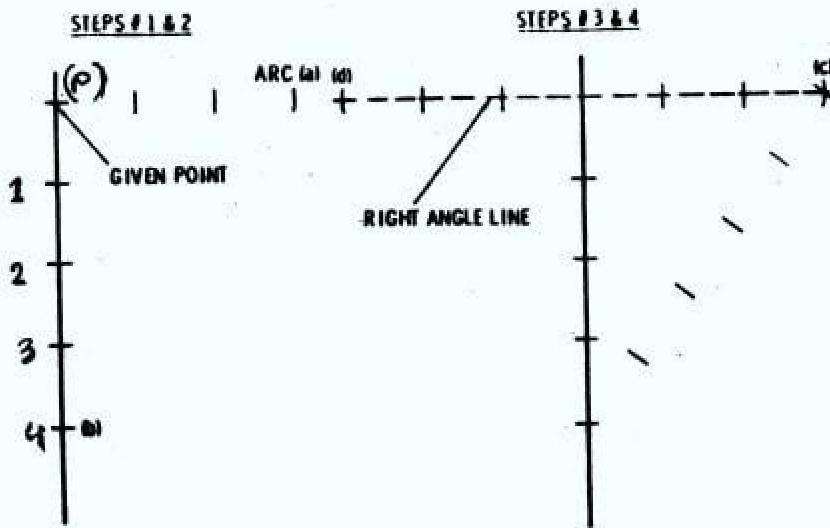


চিত্র নং–৯০,   বৃত্তচাপ পদ্ধতির নকসা

চিহ্নিত করে নিতে হবে। এই পদ্ধতিতে যন্ত্র স্থাপনের ও ভিত্তির জন্য বিভিন্ন ভূমি রেখা এবং কেন্দ্র রেখা চিহ্নিত করে নিতে হয়।

২) ৩–৪–৫– পদ্ধতি ঃ– এই পদ্ধতি ত্রিভুজ সূত্রের উপর ভিত্তি করে অঙ্কিত হয়। অর্থাৎ একটি সমকোণ ত্রিভুজের সমকোণের নিকটবর্তী বাহু দুটির মান যদি ৩এবং ৪ হয় তবে অতিভূজের মান ৫ হবে। এই সূত্র অনুসারে মাপামাপি করে লম্ব রেখা তথা সমান্তরাল রেখা পাওয়া যায়।

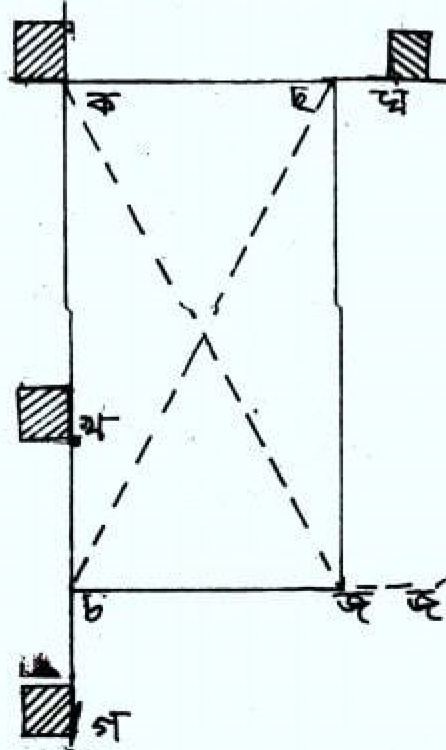
ধরা যাক (p)-(b) ওয়াল বরাবর একটি মূল রেখা। এখন (p) কে কেন্দ্র করে যে কোন পরিমাণ দূরত্বের একটি একক ধরে ১,২,৩,৪, চারটি বৃত্তচাপ আকি। মনে করি চতুর্থ চাপ রেখাকে (b) বিন্দুতে ছেদ করেছে। এই দূরত্বের একক একগজ, একমিটার বা তার বেশী হতে পারে। ইহা নির্ভর করবে লে-আউটের ছক কতটা বড় তার উপর। আবার (p) কে কেন্দ্র করে সামনের দিকে অর্থাৎ লম্বালম্বি অনুরূপ তিনটি বৃত্তচাপ ১,২,৩ অঙ্কন করি। তৃতীয় চাপটিকে (a) বলে ধরে নেই। এখন (b) বিন্দুকে কেন্দ্র করে গৃহীত এককের পাঁচ একক পরিমান দূরত্ব নিয়ে একটি বৃত্তচাপ অঙ্কন করতে হবে যাহা (a) চাপকে (c) বিন্দুতে ছেদ করবে। (p)-(c) রেখা (p)-(b) রেখার উপর লম্ব হবে। এইভাবে (p)-(c) রেখার উপর লম্বা রেখা অঙ্কন করা যেতে পারে যাহা (p-b) এর সমান্তরাল হবে। প্রয়োজনীয় রেখা সমূহ এই পদ্ধতিতে অঙ্কন করা যেতে পারে।



চিত্র নং–৯১, ৩–৪–৫ পদ্ধতির নকসা

৩) আয়তক্ষেত্র পদ্ধতি :– যে কোন আয়তক্ষেত্রের প্রত্যেকটি কোণ সমকোণ এবং বিপরীত বাহুদ্বয় সমান্তরাল হয়। আবার কোণাকোণি রেখাদ্বয় অর্থাৎ কর্ণ (diagonal) দুটি সমান হয়। সুতরাং যে কোন দুটি ওয়াল বা পিলার অথবা অন্য কোন জিনিষকে সূত্র ধরে প্রয়োজন মোতাবেক ছোট বড় আয়তক্ষেত্র অঙ্কন করে লে-আউট দেয়া যেতে পারে।

ধরা যাক ক,খ,গ,ঘ, চারটি পিলার 'ক' বিন্দুতে সমকোণে অবস্থান করছে। এখন ক–গ বরাবর একটি রেখা এবং ক–ঘ বরাবর আরেকটি রেখা টানতে হবে।



চিত্র নং–৯২, আয়তক্ষেত্র পদ্ধতির নকশা

ধরা যাক ক–ঘ রেখার উপর ছ একটি বিন্দু যে বরাবর ক–গ এর সমান্তরাল রেখা টানতে হবে। ছ বিন্দুকে কেন্দ্র করে ক–চ এর সমান দূরত্ব নিয়ে জ নামক একটি বৃত্তচাপ আঁকি। আবার চ বিন্দুকে কেন্দ্র করে ক–ছ পরিমাণ দূরত্ব নিয়ে এমন একটি বৃত্তচাপ আকি যা পূর্বের বৃত্তপাকে জ বিন্দুতে ছেদ করবে। এখন ছ–জ এবং চ–জ যোগ করলে দুটি নূতন সরল রেখা পাওয়া যাবে। ক–চ–জ–ছ একটি আয়তক্ষেত্র। এখানে ক–চ রেখা ছ–জ রেখার সমান্তরাল এবং ক–ছ রেখা চ–জ এর সমান্তরাল। এই আয়তক্ষেত্রটি সঠিক হয়েছে কিনা তা পরীক্ষা করে দেখা দরকার। ক–জ কর্ণ রেখা এবং চ–ছ কর্ণ রেখা মেপে দেখতে হবে সমান আছে কিনা। যদি সমান না থাকে তবে জ বিন্দুকে এদিক ওদিক একটু সরিয়ে কর্ণদ্বয়ের মাপ সমান করতে হবে। অর্থাৎ উহাই 'জ' এর সঠিক বিন্দু হবে। অনুরূপ পদ্ধতিতে নানাভাবে আয়তক্ষেত্র অঙ্কন করে লে–আউট দেয়া যায়।

লে–আউটের পর সেই স্থানের মাটির অবস্থা (Soil condtion) কি

নিরূপণ করতে হবে। মাটির অবস্থার উপর নির্ভর করবে ভিত্তি স্থাপনের জন্য কতটা দৈর্ঘ্য, প্রস্থ ও গভীরতা প্রয়োজন। ইমারত তৈরীর সময় মাটির অবস্থা অনুসারে ভিত্তির গভীরতা নিরূপিত হয়। যন্ত্রের ভিত্তির জন্যও সেইরূপ হিসাব নিকাশের প্রয়োজন হয়। অর্থাৎ যে জায়গা জুড়ে যন্ত্রটি বসবে বা যন্ত্রের ভিত্তি থাকবে তার মোট ওজন বহন করার ক্ষমতা থাকতে হবে। স্থান এবং মাটির প্রকার ভেদ অনুসারে তার ওজন বহন করার ক্ষমতাও ভিন্ন হয়ে থাকে। আবার ভূমিস্তরের বিভিন্নতা হেতু ওজন বহন ক্ষমতাও ভিন্ন হয়ে থাকে। তবে অধিকাংশ ক্ষেত্রে একটি বিশেষ গভীরতা পর্যন্ত নীচের দিকে যত গভীর স্তরে যাওয়া যাবে তার ওজন বহন ক্ষমতাও তত বেশী হয়ে থাকে। কোন ভিত্তির জন্য ফাউন্ডেসনের কত গভীরতা হবে তাহাও হিসাব এবং পরীক্ষার মাধ্যমে বের করতে হবে। তবে সাধারণ ফাউন্ডেসনের জন্য ভূমির উপরের স্তরের আলগা মাটি ছেড়ে একটি শক্ত স্তর পেলেই চলে। মাটি পরীক্ষা করে তার ওজন বহন করার ক্ষমতা বের করা যায়। আমাদের দেশে সাধারণতঃ যে ধরনের ভূমি হয়ে থাকে এবং তার ওজন বহন করার আনুমানিক যে ক্ষমতা থাকে তাহা নিম্নে দেয়া গেলঃ

ছক নং২৬, ভূমির প্রকারভেদ ও ওজন বহণ ক্ষমতা।

ভূমির প্রকার ভেদ	নিরাপদ ওজন বহন ক্ষমতা	
	kg/ Cm^2	Ton/sft
শুকনো এবং জমাট মিহি বালি	১·৫	১·৫৩
শুকনো এবং জমাট মাঝারি দানার বালি	২·৫	২·৫৬
আধা শুকনো বালি ও মাটি মিশ্রিত ভূমি	২	২·০৪
আধা শুকনো আলগা অর্থাৎ লুজ মিহি বালি	১	১·০৪
ভেজা মাটি কিছু বালু মিশ্রিত	১·৫	১·৫৩
শুকনো শক্ত মাটি	২	২·০৪
নরম মাটি যাহা আঙ্গুল দিয়ে চাপ দিলে টেপ খায়	১	১·০৪
বেশ নরম কাদা মাটি	০·৫	·৫২
জমাট মোট বালি বা গ্রেভল	৪	৪·০১
পাথুরে ভূমি বা বালি ও পাথর মিশ্রিত শক্ত ভূমি	১০–২০	১০–২০

তালিকা হতে বোঝা যাচ্ছে যে আমরা যে ধরনের ভূমিতে যন্ত্রপাতি স্থাপন করে থাকি তার ওজন বহন ক্ষমতা ১·৫ kg/cm^2 থেকে ২·৫ kg/cm^2 হওয়াই স্বাভাবিক। সুতরাং অনুমানিক হিসাব করার জন্য আমরা গড়ে ১·৫–২ টন /বর্গফুট ওজন ক্ষমতা ধরতে পারি।

মাটির কোন কোন স্তর আছে যেখানে ভূমি বেশী সেটেল (settle) করে, বিশেষ করে অসম সেটেল–মেন্টই (Differential Settlement) বেশী ক্ষতিকর। যদ্দরুন ফাউন্ডেসনে ফাটল দেখা দেয়। ফাউন্ডেসনের মূল ভিত বা ফুটিংসের দৈর্ঘ, প্রস্থ, যন্ত্রের ওজন এবং সাইজের উপর নির্ভর করবে। যদি যন্ত্রের ওজনের কারণে বেড–ফ্রেমের তুলনায় মূল ভিত বেশী করতে হয় তবে প্রথমে ফুটিংস ঢালাই করে অতঃপর ধাপে ধাপে কমিয়ে যন্ত্রের বেড ফ্রেমের উপযুক্ত মাপে আনতে হয়। ফুটিংস সাধারণতঃ ৬" থেকে ১০" পুরুত্বের হয়ে থাকে। আর যদি যন্ত্রের ওজন কম হয় তবে ফুটিংস বড় করার দরকার হয়না। ভূমির ওজন ধারণ ক্ষমতা হিসাব করার সময় যন্ত্রের ওজনের সাথে ফাউন্ডেসন কংক্রিটের ওজনও যোগ দিতে হবে। একটি উদাহরণ দিয়ে ফাউন্ডেসনের বিষয়টি বোঝান যেতে পারে।

ধরি যে একটি বয়লার ফিড পাম্প এবং তা মটরসহ ওজন ৪০০০০ পাউন্ড। উহার ফ্রেম ফাউন্ডেসনের দৈর্ঘ্য ৬ ফুট ও প্রস্থ ৩ফুট। ফাউন্ডেসনের উচ্চতা ২ ফুট। ইহা ভূমির উপর কি পরিমান চাপ দিবে? নির্দিষ্ট ভূমির ওজন ধারণ ক্ষমতা অনুসারে ফাউন্ডেসনের সাইজ কেমন হওয়া উচিৎ? এখন আমরা সহজ হিসাবের মাধ্যমে তা দেখতে পারি। মনে করি ফ্রেম ফাউন্ডেসনের মাপ অনুসারে কংক্রিটের মোট ওজন হবে (৬x৩x২) x ১০০ = ৩৬০০ পাউন্ড। অর্থাৎ ইট বা ঝামা জাতীয় কংক্রিটের গড় ওজন প্রতি ঘনফুটে ১০০ পাউন্ড এবং পাথর জাতীয় হলে তাহা প্রতি ঘনফুটে ১৪০–১৫০ পাউন্ড ওজন হয়ে থাকে। তাহলে ভূমির উপর মোট ওজন দাঁড়াল ৪০০০০+ ৩৬০০=৪৩৬০০ পাউন্ড এবং ভূমির ক্ষেত্রফল হল ৬ x ৩ = ১৮ বর্গফুট। সুতরাং ভূমির উপর চাপ দাড়াচ্ছে ৪৩৬০০+১৮=২৪২২·২২ পাউন্ড/বর্গফুট বা১·২১ টন প্রতি বর্গফুটে। অর্থাৎ ১·৫ টন/বর্গফুটের চেয়েও কম। সুতরাং ৬ x ৩ বর্গফুটের ভিত্তিই যথেষ্ট।

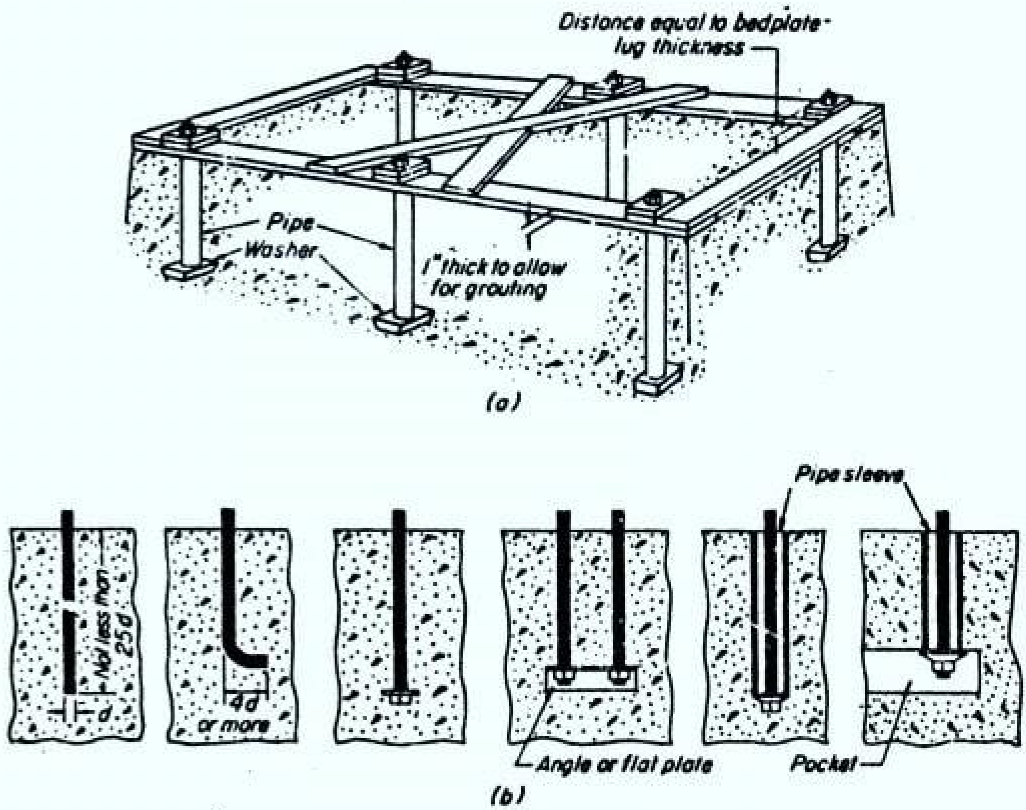
বড় ধরনের যন্ত্র যেমন টারবাইন, ডিজেল ইঞ্জিন ,বড় পাম্প ইত্যাদির ফাউন্ডেসন দেয়ার সময় মাটি পরীক্ষা করতে হবে এবং প্রস্তুতকারকের নির্দেশ

মোতাবেক অভিজ্ঞ সিভিল ইঞ্জিনিয়ার দ্বারা ডিজাইন করে ভিত্তি তৈরী করা বাঞ্ছনীয়।

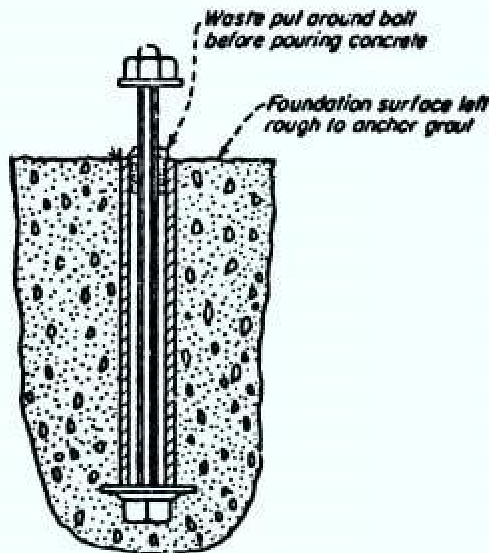
যন্ত্রের ভিত্তি তিন প্রকারের হতে পারে। যথা–ঢালাই কংক্রিট (solid concrete), লৌহ বেটন কংক্রিট (Reinforced concrete) এবং লৌহ কাঠামো (structural steel)।

যন্ত্রের প্রকার ভেদ ও পরিচালন পরিস্থিতি অনুসারে তার ভিত্তির প্রকার নির্বাচিত করা হয়। মেসিনের ভিত্তি কেমন হবে সে সম্পর্কে প্রস্তুতকারক নির্দেশাবলী দিয়ে থাকে যা অনুকরণযোগ্য। তবে অধিকাংশ ক্ষেত্রে ঢালাই কংক্রিটই গ্রহণযোগ্য হয়ে থাকে। সাধারণভাবে বলা যেতে পারে যে মাঝারি বা ছোট আকারের প্রায় সব রকম যন্ত্রের জন্য ঢালাই কংক্রিটকেই পছন্দ করা হয়ে থাকে। প্রয়োজনবোধে সাথে লৌহ বেটনও দেয়া হয়ে থাকে। ঢালাই কাজের জন্য সিমেন্ট, বালি ও খোয়া ব্যবহৃত হয় যার আয়তনিক অনুপাত যথাক্রমে ১ঃ২ঃ৪ দেয়া হয়ে থাকে। পরিমাণ মত পানি ব্যবহার করা অবশ্যই গুরুত্বপূর্ন।

যন্ত্রের ভিত্তি স্থান ও প্রকারভেদ ঠিক করার পর নির্বাচিত স্থানে গর্ত করে ভিত্তির কাজ শুরু করা যায়। সাধারণভাবে একথা বলা চলে যে বিশেষ হিসাব–নিকাশ সম্ভব না হলে ছোট বা মাঝারি ধরনের যন্ত্রের জন্য ১ থেকে ৩ ফুট গভীরতা এবং যন্ত্রের আকার অনুসারে দৈর্ঘ্য–প্রস্থ ঠিক করে ভিত্তির কাজ আরম্ভ করা যায়। যন্ত্রের ভিত্তির সময় আরেকটি প্রয়োজনীয় জিনিষ হল ফাউন্ডেসন বোল্ট বা এঙ্কর বোল্ট (Foundation or anchor bolt)। এঙ্কর বোল্ট যন্ত্রকে ফাউন্ডেসনের সাথে দৃঢ় অবস্থায় ধরে রাখে। এঙ্কর বোল্টের একমাথা বাঁকানো, আলযুক্ত, প্লেটযুক্ত, অথবা নাট দিয়ে চাকতি লাগান ইত্যাদি প্রকারের হতে পারে যা ফাউন্ডেসনের ভিতর থাকে। অপর প্রান্ত প্যাচযুক্ত থাকে যা যন্ত্রের ফ্রেমকে নাট দিয়ে আটকে রাখে। পাশের চিত্রে কয়েকটি নমুনা দেওয়া হলঃ



Anchor-bolt template, and bolt types.



Stuff bolthole with waste before pouring concrete.

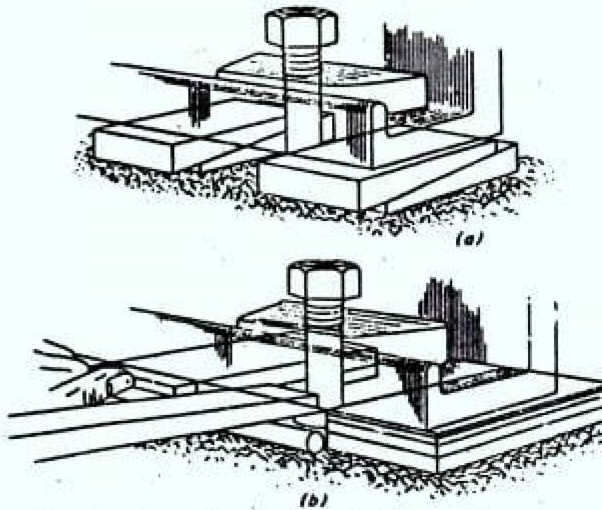
চিত্র নং— ৯৩, ফাউন্ডেসন এংকর বোল্ট ও প্লেটের নমুনা

এঙ্কর বোল্টের ব্যাস যন্ত্রের সাইজ অনুসারে হবে। ছোট থেকে মাঝারি ধরনের যন্ত্রের জন্য আনুমানিক $\frac{৩}{৮}$" থেকে ১" হতে পারে। বোল্টের দৈর্ঘ্য ফাউন্ডেসনের গভীরতা অনুসারে হয়ে থাকে। অর্থাৎ সাধারণভাবে বলা চলে যে বোল্টের দৈর্ঘ্য, ফাউন্ডেশন গভীরতার ৫০% এর বেশী থাকা প্রয়োজনীয়। কংক্রিট ঢালাই'এর পূর্বে ফাউন্ডেসনের দৈর্ঘ্য ,প্রস্ত ও গভীরতা অনুসারে ১" পুরুত্বের কাঠের তকতা (wood plunk) দিয়ে খাঁচা তৈরী করে নিতে হয়। যন্ত্রের ফ্রেম ও এংকর বোল্টের ছিদ্র অনুসারে টেমপ্লেট তেরী করে খাঁচার উপর বসিয়ে দিতে হবে। টেমপ্লেটের সাথে সংযুক্ত করে এংকর বোল্টকে ভালভাবে ঝুলিয়ে রাখতে হবে। এংকর বোল্ট মূল ফ্রেমের ছিদ্রের পরিমাপ এবং বরাবর আছে কিনা তা ভালভাবে পরীক্ষা করে নেয়া প্রয়োজন। প্রয়োজন অনুসারে এংকর বোল্টের চতুর্দিকে টিন দিয়ে স্লিভ বা পাইপ দেয়া হয় যাতে এংকর বোল্ট দরকার হলে নড়াচড়া বা খোলে নেয়ার ব্যবস্থা থাকে।

অতঃপর ঢালাই কাজের ব্যবস্থা করে এক নাগারে ফাউন্ডেসন ঢালাই শেষ করে ফেলা ভাল। ঢালাইয়ের মাল-মসলা ফাঁকমুক্ত এবং চাপযুক্ত অবস্থায় রাখতে হবে। ফাউন্ডেসন ঢালাইকে সাইজ অনুসারে ১৪ থেকে ২৮ দিন পর্যন্ত জমার সুযোগ দিতে হবে। খুব ছোট ফাউন্ডেশন হলে ১০/১২ দিন রাখলে চলে। তবে যত বেশী দিন রাখা যায় ততই ভাল। ঢালাইয়ের পর অন্তত ৮/১০ দিন দৈনিক ২/৩ বার করে পানি ছিটিয়ে কংক্রিটকে ভিজিয়ে দিতে হবে অথবা চট বা কচুরি পানা বা অন্য কিছু দিয়ে সর্বদা ভেজা রাখার ব্যবস্থা করতে হবে। ফাউন্ডেসন বসে গেলে কাঠের ফ্রেম খুলে নিতে হবে এবং লুজ কংক্রিট এবং তেড়া কোনা-কানি সব সমান করে নিতে হবে। পার্শ্ব ওয়ালগুলি হালকা সিমেন্ট দিয়ে অথবা আলকাতরা (Bitumin) দিয়ে লেপে দেয়া ভাল। অতপর মাটি দিয়ে ফাঁকা গর্ত পূর্ণ করে হিলিয়ে দিতে হবে।

কংক্রিট ফাউন্ডেসনের উপরে বা যন্ত্রের পদপ্রান্তের নীচে লৌহ কাঠামোর একটি ফ্রেম বা আসন থাকে যাকে মেসিন ফ্রেম বা বেড প্লেট (Bed plate) বলে। মেসিন ফ্রেম এংকর বোল্ট দ্বারা ফাউন্ডেসনের উপর বাধা থাকে। আবার যন্ত্রের পদপ্রান্তে নাট-বোল্ট দ্বারা ফ্রেম'এর সাথে আবদ্ধ থাকে। ছোট-খাট যন্ত্র বা একক ইউনিটের যন্ত্র বেডপ্লেট ছাড়া সরাসরি এংকর বোল্টের দ্বারা আবদ্ধ করা হয়। দুই বা ততোধিক ইউনিটের যন্ত্র যখন একই ফাউন্ডেসনে বসে তখনই বেড

প্লেটের আবশ্যকতা বেড়ে যায়। বেড প্লেট লোহার চেনেল, আই–ভীম বা এঙ্গেল সীট দিয়ে তৈরী হয়ে থাকে। ফাউন্ডেসনের উপর যে জায়গা জুড়ে ফ্রেমটি বসবে তা ছেনি দিয়ে চিপিং করে এবং ঘষে সমতল করতে হবে। অতঃপর ফাউন্ডেসন বোল্টের সাথে মিলিয়ে ঐ স্থানে ফ্রেমটিকে বসাতে হবে। এবার লেবেল গেজ দিয়ে ফ্রেমের সমতলতা পরীক্ষা করতে হবে। ফ্রেমকে সমতল করার প্রয়োজনে এর নীচে জায়গায় জায়গায় লোহার প্লেটের টুকরা, কৌণিক ওয়েজ বা সীটের টুকরা ও সিম পরিমাণ মত দিতে হবে। লেবেল হয়ে গেলে এংকর বোল্ট টাইট দিয়ে পুনরায় দেখতে হবে লেবেল ঠিক আছে কিনা। বেড প্লেট লেবেল করার জন্য কৌণিক ওয়েজের ব্যবহার খুব সুবিধাজনক। এই ওয়েজগুলি জোড়ায় জোড়ায় (wedge in pair) থাকে, ৪–৬ ইঞ্চি লম্বা ও ২–৩ ইঞ্চি পাশে হয়। দুইটি কৌণিক আকারের ওয়েজকে সামনে পিছনে করলে উহার উচ্চতা সমান্তরালভাবে বাড়ে। 'এই ওয়েজ এংকর বোল্টের উভয় পাশে বা নিকটবর্তী স্থানে দেয়া হয়। এই ওয়েজ বা সীমের সংখ্যা ও বসাবার স্থান এমন হতে হবে যে বেডপ্লেট শক্তভাবে ভর রাখতে পারে। চিত্রে ওয়েজ সহ বেড প্লেটের একাংশ দেখান হলঃ



Use of wedges and pinch bar in leveling pump.

চিত্র নং–৯৪, ওয়েজ সহ বেড প্লেটের একাংশ।

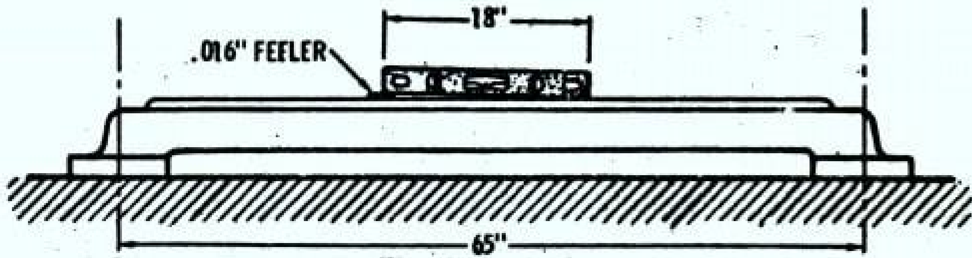
এরপর আসে গ্রাউটিং (grouting) করার কাজ। পাতলা মরটার অর্থাৎ সিমেন্ট ,মোটাবালি ও পানির সংমিশ্রিত মসলা বেড প্লেটের ও ফাউন্ডেসনের মধ্যবর্তী স্থান ও ভিতরে ঢালাই করাকে গ্রাউটিং করা বলে। গ্রাউটিং করার পূর্বে ঐ স্থানকে কিছুটা চিপিং করে অসমতল করে নেয়া ভাল। তারপর ঐ স্থান পরিষ্কার করে পানি দিয়ে ভিজিয়ে নিতে হয়। গ্রাউটিং সাধারণত $\frac{৩}{৪}$" থেকে ১$\frac{১}{২}$" পুরুত্বের হয়ে থাকে নতুবা ভবিষ্যতে ফাটল ধরার সম্ভাবনা থাকে। মেসিন ফ্রেমের ভিতরে অর্থাৎ যন্ত্রের নীচের অংশে বা যদি কোন প্লেট থাকে তবে তার ভিতরের ফাপা অংশে এই মরটার ঢালাই করে দিতে হবে। ঢালাইয়ের সময় ভাইব্রেটার, কাঠ বা তার ইত্যাদি ব্যবহার করে এমনভাবে ঢালাই করতে হবে যেন কোন ফাঁকা অংশ থেকে না যায়। ফ্রেমের বাহির দিকে বাঁধের মত করে দিতে হবে যেন মরটার ফ্রেমের নীচে আবদ্ধ অবস্থায় থাকে। গ্রাউটিং'এর ফলে বেডপ্লেট স্থিরভাবে অবস্থান করে এবং বেড প্লেটকে শক্তভাবে ধরে রাখে, মেসিন ফ্রেমের বাইরে যে অংশ থাকে তা ফ্রেমের নীচ বরাবর গ্রাউটিং অথবা আস্তর করে দেয়া হয়ে থাকে। গ্রাউটিং যখন শুকিয়ে যাবে তখন ফাউন্ডেসন বোল্ট টাইট আছে কিনা পুনরায় চেক করে দেখতে হবে। অনেক সময় গ্রাউটিং'এর কাজ যন্ত্র স্থাপনের পরেই করা হয়।

এবার বেড প্লেটের উপর মেসিন স্থাপনের পর্যায়। অনেক ছোট খাট যন্ত্র বেড প্লেটের উপর যথাযথভাবে স্থাপিত অবস্থায় আসে। যদি তেমন কোন অসুবিধা না থাকে তবে বেড প্লেট যন্ত্র সহ ফাউন্ডেসনের উপর স্থাপন করা হয়।

বেড প্লেটের কোন অংশে কোন যন্ত্রটি বসবে এবং তাদের বোলটিং পয়েন্ট বা ছিদ্র নির্দিষ্ট করা থাকে। প্রথমে ফ্রেমের উপরের তল ভালভাবে পরিষ্কার করে নিতে হবে।যদি মরিচা থাকে তাহাও ইমারী দিয়ে তুলতে হবে। এরপর কয়েক সাইজের কয়েকটি ষ্টীল সীম দিয়ে যন্ত্রকে নির্ধারিত স্থানে পায়ের ছিদ্র বরাবর বসাতে হবে। এবার যন্ত্রকে বেড ফ্রেমের সাথে আটক করার উদ্দেশ্যে স্ব স্ব স্থানে কিছু বোল্ট আলগাভাবে বসিয়ে দিতে হবে। বোল্ট টাইট দেয়ার আগে যন্ত্রের লেবেলিং ঠিক আছে কিনা তা পরীক্ষা করতে হবে। যন্ত্র স্থাপনের সময় উহাকে সঠিকভাবে লেবেল করা জরুরী। নতুবা যন্ত্রের পরিচালনা ও আয়ু সন্তোষজনক হয় না। স্পিরিট লেবেলকে যন্ত্রের মাঝামাঝি কোন সমতল স্থানে বসিয়ে লেবেলের বুদবুদের অবস্থান দেখতে হবে। নীচু অংশের দিকে আনুমানিক পরিমাণ সীম দিয়ে

আবার দেখতে হবে বুদবুদ মধ্য বরাবর এসেছে কিনা। এইভাবে ভুলশুদ্ধ (Trial and error) পদ্ধতিতে লেবেল করা সম্ভব। কিন্তু সময় ও পরিশ্রম বেশী। সেজন্য সহজ পদ্ধতি হল প্রথমে লেবেলের নীচেই ফিলার গেজের ফলা রেখে এবং পরিবর্তন করে বুদবুদকে মধ্যস্থানে মিলিয়ে নিতে হবে। লেবেল গেজের দৈর্ঘ্যের চেয়ে যন্ত্রের প্রান্তদ্বয়ের দূরত্ব যতগুণ বেশী, প্রকৃত সিমের পরিমান ফিলার গেজে গৃহিত মাপের ততগুণ বেশী হবে। অর্থাৎ ধরা যাক যে লেবেলের দৈর্ঘ্য ১৮", ফিলার গেজের মাপ ·০১৬" এবং যন্ত্রের প্রান্তদ্বয়ের দুরত্ব ৬৫"; তাহলে

প্রয়োজীয় সিমের পরিমাণ হবে $\frac{\text{সিম}}{৬৫} = \frac{·০১৬}{১৮} \times ৬৫ = ·০৫৭৭$



Finding the Feeler thickness by level gauge

চিত্র নং ৯৫, লেবেল করার কার্য্যে ফিলার গেজ ও লেবেল গেজের ব্যবহার।

এই হিসাবের পদ্ধতিটি অন্যভাবেও প্রকাশ করা যেতে পারে। এমনও হতে পারে যে যন্ত্রের শুধু দুই প্রান্তেই পা নয়, মধ্যেও ২/৩ টি পা আছে। সে ক্ষেত্রে প্রত্যেক পদপ্রান্তেই সিম দিতে হবে এবং তার পরিমাণও দূরত্ব অনুসারে ভিন্ন হবে। অতঃপর লেবেলের গেজ হতে প্রতি ইঞ্চি বা ফিটে সীমের পরি ন কত হবে তা বের করে নিয়ে প্রকৃত দূরুত্বের জন্য কত সীম লাগবে তা হিসাব করতে হবে। উপরের উদাহরণ অনুসারে প্রতি ইঞ্চির জন্য সিমের পরিমান হবে $\frac{·০১৬}{১৮}$ = ·০০০৯", অতএব ৬৫" দূরুত্বের জন্য হবে =·০০০৯ × ৬৫ = ০·০৫৭"

যদি মাঝে ৩০" দূরুত্বের একটি পা থেকে তবে সেখানে সিম দিতে হবে।
= ·০০০০৯ X ৩০" = ০·০২৭"

উচ্চমানের অনেক লেবেল গেজ আছে যার সহিত স্কেল সংযুক্ত থাকে এবং উহা দ্বারা সঠিক হিসাব করা সহজ হয়। একই বেড প্লেটের উপর এক, দুই বা তার অধিক যে মেসিন বসবে তার প্রত্যেকটিকে এভাবে লেবেল করে নিতে হবে। তবে লেবেল করার সময় লক্ষ্য রাখতে হবে যেন মেসিন সমূহের সাফ্‌ট লাইন বা কাপলিং'এর কেন্দ্র রেখা যতটা সম্ভব সমপর্যায়ে থাকে। অর্থাৎ লেবেল করার সময় মনে রাখতে হবে যে যন্ত্রসমূহের এলাইনমেন্ট করার সময় যেন তেমন পার্থক্য না থাকে বা বেশী সিমের প্রয়োজন না হয়। লেবেল করার সময়ই উচ্চতা বাড়ানোর জন্য যন্ত্রের পায়ের নীচে মোটা সীট দিয়ে নিতে হবে। অনেক সময় দেখা যায় যে মটর বা পাম্প দুটির অবস্থান পার্থক্যের জন্য বেড প্লেটের ডিজাইনও সেভাবে করা হয়েছে। আবার কখনো দুটিকে আলাদা ফাউন্ডেসন ও আলাদা বেড প্লেটেও স্থাপন করা হয়ে থাকে। যে ভাবেই থাকুকনা কেন উদ্দেশ্য হল সঠিক ভাবে লেবেল করা। লেবেল করার কাজ সম্পন্ন হয়ে গেলে পায়ের বোল্টগুলিকে টাইট দিয়ে বেড প্লেটের সাথে আবদ্ধ করতে হবে।

পরবর্তী কাজ হল এলাইনমেন্ট করা। এলাইনমেন্ট কি এবং কিভাবে করতে হয় সে বিষয়ে আলাদা অধ্যায়ে ব্যাখ্যা করা হয়েছে। সুতরাং সে নিয়ম অনুসারে যন্ত্রদ্বয়ের এলাইনমেন্ট করতে হবে। যদি বেড প্লেটের উপর যন্ত্র আগে থেকেই এলাইনমেন্ট অবস্থায় থাকে বা একক মেসিনের ক্ষেত্রে ফেক্টরী থেকেই এলাইনমেন্ট করে দেয়া থাকে তবুও পুনরায় পরীক্ষা করে দেখতে হবে এলাইনমেন্ট ঠিক আছে কিনা। এলাইনমেন্ট ঠিক হয়ে গেলে এবার যন্ত্রকে বেড প্লেটের সাথে স্থায়ীভাবে জুড়ে রাখার উদ্দেশ্যে ডাওয়েল পিন (Dowel Pin)বসিয়ে দিতে হবে। ছোট-খাট মেসিনের জন্য ডাওয়েল না হলেও চলে।

মধ্যম বা বড় সাইজের যন্ত্র যার মধ্যে ঘূর্ণায়মান সাফট গিয়ার, পিস্টন, ক্র্যাঙ্ক বা অন্য প্রকার সঞ্চালন অংশ আছে সেসব যন্ত্রকে অবশ্য বেড প্লেটের সাথে ডাওয়েল পিন দিয়ে আবদ্ধ করতে হবে। কারণ বোল্ট নাট দ্বারা যন্ত্র বাধা থাকলেও বোল্টের চারিদিকে ক্লিয়ারেন্স থাকার ফলে কোন সময় নাট-বোল্ট সামান্য লুজ হলে যন্ত্রটি কিছুটা সড়ে যাওয়ার সম্ভাবনা থাকে। ডাওয়েল পিন দেয়া থাকলে তা আর হতে পারে না। ডাওয়েল পিন এক প্রকার টেপার বা সরল পিন যার ব্যাস সাধারণতঃ $\frac{১}{৪}$ " থেকে $\frac{৩}{৪}$ "সাইজের হয়ে থাকে। সাইজ বেড প্লেট এবং মেসিন ফ্রেমের পুরুত্ব অনুসারে হয়ে থাকে। বেশীর ভাগ ডাওয়েল পিন

টেপার (Taper) প্রকৃতির হয়ে থাকে। প্রতি ফিট লম্বায় টেপারের মাত্রা থাকে $\frac{১}{৪}$ ইঞ্চি। ডাওয়েল পিন সঠিক সাইজে মেসিন করা থাকে যার উপরিভাগে কিছুটা অংশ প্যাচ কাটা থাকে, যাতে নাট দ্বারা ইহাকে যন্ত্রের গর্ত থেকে সহজে উঠান যায়। আবার সরল পিন জাতীয় হতে পারে যেখানে টেপার নেই এবং প্যাচ থাকতেও পারে। সাধারণ যন্ত্রপাতি বা যন্ত্রাংশে এই ধরনের পিন ব্যবহৃত হয়। ছোট–খাট যন্ত্রে ডাওয়েল পিনের প্রয়োজন পড়ে না। অনেক সময় ডাওয়েল পিনের পরিবর্তে লক ওয়াসার বা লক স্ক্রু দ্বারা যন্ত্রকে আবদ্ধ করা হয়।

ডাওয়েল পিন বসাবার নিয়ম হল, যে সাইজের পিন হবে ঠিক সেই মাপের ছিদ্র হতে হবে। নাট–বোল্ট দ্বারা যন্ত্রকে বেড প্লেটের সাথে পূর্ণ টাইট করা হয়ে গেলে ডাওয়েলিং করার জন্য স্থান পছন্দ করতে হবে। মেসিন ফ্রেমের প্রান্ত দেশে সমতল স্থান সনাক্ত করতে হবে। সমতল স্থান না পেলে ছেনি দিয়ে চিপিং করে খানিকটা জায়গা সমতল করে নিতে হবে। যন্ত্রকে চারটি বা দু'টি ডাওয়েল পিন দ্বারা আবদ্ধ করা যায়। এই বিষয়ে যন্ত্র প্রস্তুতকারকের নির্দেশ অনুসরণ করা প্রয়োজন। অনেক যন্ত্র আছে তাপে বর্ধিত হয়, ফলে যন্ত্রের ফ্রেমকে নিয়ম অনুসারে যে কোন একদিকে লম্বালম্বি সড়ার সুযোগ দিতে হয়। সেক্ষেত্রে এক দিক ডাওয়েল পিন দ্বারা আবদ্ধ থাকে। অন্য দিক চাবি ও চেনেল (key and channel) দ্বারা সুনিয়ন্ত্রিত থাকে। এই ধরনের যন্ত্রের খোলাদিক (free end) ব্রেক লক নাট বা বোল্ট দ্বারা ০·০০২" ক্লিয়ারেন্স রেখে বাধা হয়, আবার কখনো নাট–বোল্টে ০·০০২" বা এর কম বেশী ক্লিয়ারেন্স রেখে দেয়া হয়। পিন বসাবার স্থান নির্দিষ্ট হয়ে গেলে পিন সাইজের এক সাইজ ছোট ড্রিল দ্বারা মেসিন ফ্রেম ও বেড প্লেটে খাড়াভাবে ছিদ্র করতে হবে। পিন খাড়া না বসিয়ে আড়াআড়ি বা কৌণিক অবস্থানেও বসান হয়। সেই ক্ষেত্রে ছিদ্রটিও কোণাকোণিভাবে করতে হবে। ছিদ্র গভীরতা বেড প্লেটের অর্ধেক বা তার বেশী হতে পারে। ছিদ্র হয়ে গেলে তাকে সঠিক মাপের রিমার দিয়ে পিনের সম মাপের করতে হবে এবং মসৃণ করে নিতে হবে। ডাওয়েল পিন বসালে পিন ও ছিদ্রের মধ্যে কোন ফাঁক বা ক্লিয়ারেন্স থাকবে না। সেজন্য টেপার পিন সামান্য আঘাত দিয়ে বসিয়ে দিলে অনুরূপ ত্রুটির সম্ভাবনা থাকে না।

যন্ত্র বা যন্ত্র সমূহ ডাওয়েল পিন দ্বারা আবদ্ধ করা থাকলে এলাইনমেন্ট সহজে নষ্ট হয় না। একবার ডাওয়েল করা হয়ে গেলে পরবর্তী সময়ে যন্ত্রটি পুনরাস্থাপন করতে গেলে মাপজোক করতে হয় না; পূর্বের ডাওয়েল পিন বরাবর

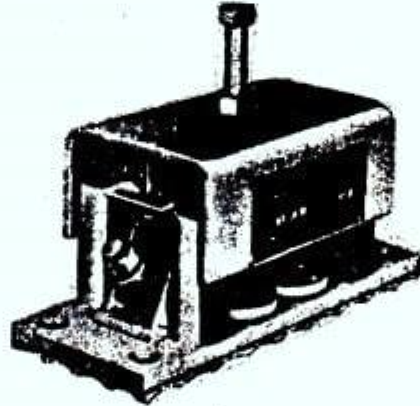
বসিয়ে দিলেই হয়। সাধারণ ক্ষেত্রে পুনরায় এলাইনমেন্ট না করলেও চলতে পারে।

মেসিন ফাউন্ডেসনের সময় আরেকটি বিষয় বিবেচনার মধ্যে আসে। সেটা হল যন্ত্রের কম্পনকে আয়ত্বের মধ্যে রাখার জন্য বা নিয়ন্ত্রন করার জন্য ব্যবস্থা গ্রহণ করা। কোন ভারী বা মাঝারি যন্ত্র চলার সময় কম্পন শক্তি ভিত্তির মাধ্যমে সঞ্চালিত হয়ে পার্শ্ববর্তী মেসিন, ওয়াল বা ফ্লোরের ক্ষতি সাধন করতে পারে। কোন কোন সময় ফাটলেরও সৃষ্টি করে। তাছাড়া অতিরিক্ত কম্পন (vibration) আঘাত (Shock), ও উচ্চ শব্দ (noise) সেই যন্ত্রের জন্যও খারাপ। এই ধরনের সমস্যা উত্তরনের জন্য ফাউন্ডেসনের নীচে এবং পার্শে ফেল্ট প্যাড (felt-pad) ব্যবহার করা হয়। কম মূল্যে ও সহজ উপায়ে যন্ত্রের কম্পন ধারন ও নিয়ন্ত্রণের জন্য ফেল্ট প্যাডই উত্তম। ফাউন্ডেসনের নীচে প্রথম কংক্রীট বা ইটের একটি সমতল ক্ষেত্র (layer) তৈরী করে ফেল্ট বেড বিছিয়ে দিতে হয়। প্যাডের পুরুত্ব যন্ত্রের ওজন বা প্রতি বর্গইঞ্চিতে চাপের পরিমাণের উপর নির্ভর করবে। ৮০০ পাঃ হতে ১৫০০ পাঃ ওজনের মেসিনের জন্য $\frac{১}{৪}$ হতে আদা ইঞ্চি পুরুত্বের ফেল্ট লাগে যার ৫০ থেকে ১০০ পি, এস, আই চাপ গ্রহণ ক্ষমতা থাকে। ফেল্ট প্যাড ছাড়াও অন্যান্য ধরনের প্যাড, ইলাস্টিক বেড ইত্যাদি ব্যবহার হয়ে থাকে। সাধারণ ছোট–খাট যন্ত্রপাতির ফাউন্ডেসনে এসব কিছুই ব্যবহারের দরকার হয়না। আবার বড় বড় মেসিন যথা টারবাইন, ডিজেল ইঞ্জিন, ইত্যাদি স্থাপনের সময় ফাউন্ডেসনকে সম্পূর্ন আলাদা একটি ব্লকে বিশেষভাবে ডিজাইন করা হয় যা কম্পন বহন ক্ষম হয় এবং কম্পন পার্শ্ববর্তী স্থানসমূহে তেমন যায় না। আবার ছোট খাট এবং মাঝারি ধরনের কিছু মেসিন আছে যেমন কম্প্রেসার, রেসিপ্রোকেটিং পাম্প ইত্যাদি যা চলার সময় আঘাতজনিত কম্পন হয়ে থাকে এবং ভারসাম্যহীন ঘূর্ণয়নের ফলে কম্পন খাদ বেশী থাকে। ফলে এইসব যন্ত্রকে স্প্রীং জাতীয় আসনে বসাতে হয়। সাধারণতঃ এই ধরনের স্প্রীং আসন বেড প্লেটের নীচে বা যন্ত্রের পায়ের নীচে স্থাপন করা হয়। এই স্প্রীং আসন বহু রকমের এবং বহু আকারের হতে পারে। যন্ত্র অনুসারে এর নির্বাচন হয়ে থাকে। নিম্নে দুই প্রকারের স্প্রিং আসনের ছবি দেয়া হল

ফাউন্ডেসন মেরামত ঃ– ফাউন্ডেসনের ত্রুটি বা ফাটল দেখা দিলে যন্ত্রের এলাইনমেন্ট নষ্ট হয় এবং কম্পন বেড়ে যায়। ফাউন্ডেসনের ত্রুটি কদাচিৎ হয়ে থাকে। কখনো কখনো কংক্রিট আংশিকভাবে নষ্ট হতে দেখা যায়। ভিতরের লৌহ

বেটনে মরিচা ধরলে তাহা আয়তনে বাড়ে এবং কংক্রিটের উপর চাপ সৃষ্টি করে। এতে ছোট ছোট ফাটল দেখা দেয় এবং উপরের বা পার্শ্বের ঢালাইকে বিনিষ্ট করে। এইসব ক্ষেত্রে বিনষ্ট কংক্রিট ঢালাই অংশকে ভেঙ্গে বা চিপিং করে ফেলে দিয়ে





চিত্র নং—৯৬, স্প্রিং আসন, (ক) হালকা ওজনের জন্য, (খ) ভারী ওজনের জন্য।

দূষিত লৌহ বেটন সরিয়ে নিতে হবে। ফাটল অংশটুকু ভেঙ্গে ফেলতে হবে। নূতন লৌহ বেটন পুরাতন রডের সাথে ওয়েল্ডিং করে বা বেধে পুনরায় কংক্রিট ঢালাই করে মেরামত করতে হবে। যদি ফাটল বড় হয় তাহলে এর উপর আর মেসিন চালানো উচিৎ নয়। সেই ক্ষেত্রে ফাউন্ডেসনকে সম্পূর্ন ভেঙ্গে বা অর্ধেক গভীরতা পর্যন্ত ভেঙ্গে নূতনভাবে ফাউন্ডেসন তৈরী করতে হবে। বড় বা গুরুত্বপূর্ণ যন্ত্র হলে সিভিল ইঞ্জিনিয়ারের পরামর্শ নিয়ে মেরামত কার্য্য করা উচিৎ। দুর্বল ভিত্তি, দুর্বল নির্মাণ কার্য্য এবং সঠিক কিউরিং'এর অভাবে ফাউন্ডেসনে বড় ফাটল দেখা দেয়। আবার যন্ত্রে অধিক কম্পন থাকলে ফাউন্ডেশনে ফাটল সৃষ্টি হতে পারে এবং তা দিনে দিনে বড় হতে থাকে। এ ধরণের বড় ফাটল থাকলে ফাউন্ডেশন সম্পূর্ণ ভেঙ্গে ফেলাই ভাল। ফাউন্ডেসনে আরেক রকম ত্রুটি কখনো কখনো দেখা দেয় অর্থাৎ দুর্বল বিত্তের ফলে দুর্বল নির্মাণ কার্য্য, কিউরিং এর অভাব, কম্পনের ফলে ফাউন্ডেসনে ফাটল দেখা যায়। ফাউন্ডেসন ভেঙ্গে নূতনভাবে তৈরী করা সহজ কাজ নয়। ফলে ঐ যন্ত্রের পার্শ্বে সুবিধাজনক খালি স্থান থাকলে নূতন করে ফাউন্ডেসন দিয়ে যন্ত্র স্থানান্তরিত করাই শ্রেয়।

পঞ্চদশ অধ্যায়

পাম্প মেরামত ও নবায়ন

(PUMP REPAIR AND OVERHAULING)

যন্ত্র সংরক্ষণের প্রধান কাজ হল যন্ত্রকে প্রয়োজনীয় মেরামত (repair) করা ও নবায়ন (overhauling) কার্য্য সম্পাদনা করা। একটি যন্ত্র চলাকালীন সময়ে প্রায়ই ত্রুটি বিচ্যুতি দেখা দেয়। সেসব ত্রুটি যথাসময়ে মেরামত করে যন্ত্রকে পুনরায় সচল করা হয়। দীর্ঘ দিন এভাবে চলার পর যন্ত্রের কার্য্য ক্ষমতা কমতে থাকে এবং ঘনঘন ত্রুটি দেখা দেয়। আবার কখনো কখনো এমন অবস্থা দেখা দেয় যে সাধারণ মেরামতে যন্ত্রটি চালান সম্ভব নয়। সেই পরিস্থিতিতে যন্ত্রটিকে সম্পূর্ন খুলে তার প্রত্যেকটি যন্ত্রাংশকে পরীক্ষা করে দেখতে হয়। প্রয়োজন মাফিক মেরামত করতে হয় আবার কোন কোন যন্ত্রাংশ পরিবর্তন করতে হয়। যন্ত্রটি সম্পর্কে কোন পুস্তিকা বা ম্যানুয়েল থাকলে তা পড়ে দেখা কর্তব্য। কোন যন্ত্র সামান্য ত্রুটি বিচ্যুতিসহ ঠিকভাবে দীর্ঘদিন চলা অবস্থায় একটি নির্দিষ্ট সময়ে সম্পুর্ণ খুলে পরীক্ষা করে দেখতে হয় এবং যন্ত্রাংশ পরিবর্তন করতে হয়। নতুবা ভিতরের যন্ত্রাংশ ক্ষয় বা নষ্ট হয়ে যে কোন সময় যন্ত্রটি বিকল হয়ে যেতে পারে। মেরামত কার্যের পর সঠিকভাবে যন্ত্রটিকে সংযোজন (assemble) করে কার্য্যক্ষম করা হয়। এইরূপ বিযোজন ও সংযোজন কার্য্যকে নবায়ন বা ওভারহলিং (overhaling) বলে।

যে কোন যন্ত্রের ওভারহলিং কাজে হাত দেয়ার আগে যন্ত্রটির পরিচয়, কার্য্য পদ্ধতি, ত্রুটি বিচ্যুতি ইত্যাদি সম্পর্কে জানা থাকা দরকার। যন্ত্রটির ড্রয়িং (drawing) দেখে ভিতরে কি কি যন্ত্রাংশ আছে এবং কিভাবে সাজান আছে তা বুঝে নিতে হবে। এই সব যন্ত্রাংশগুলি কোনটি কি কাজ করছে এবং কিভাবে করছে জেনে নেয়া ভাল। যন্ত্রাংশগুলির মধ্যে কোথায় কতটুকু ক্লিয়ারেন্স আছে এবং কোথায় অবস্থান করছে তা দেখে নিতে হবে এবং খোলার সময় সেসব মেপে কতটা পার্থক্য আছে লিখে রাখতে হবে। যন্ত্রাংশ কোনটার পর কোনটা খোলা সহজ হবে তা আগে থেকে সিদ্ধান্ত নিতে হবে। যন্ত্রাংশ বিযোজনের সময়

একটির সাথে অন্যটির সম্পর্কযুক্ত চিহ্ন, দাগ বা পাঞ্চ মার্ক দিয়ে নিতে হবে যেন সংযোজনের সময় সুবিধা হয়। বিযোজন করে যন্ত্রাংশগুলিকে একটির পর একটি সিকোয়েন্স অনুসারে কাঠের তকতা বা টেবিলে সারিবদ্ধ অবস্থায় সাজিয়ে রাখা উচিৎ। যেই বোল্ট বা পিন যেই যন্ত্রাংশের সাথে থাকবে তাহা উহার সাথে সংযুক্ত করে রাখা উত্তম। এতে সংযোজনের সময় যন্ত্রাংশ খোজাখুঁজি করতে হয় না এবং ভুল হওয়ার সম্ভাবনা থাকে না। ওভারহলিং কাজ শুরু করার আগে যন্ত্রটির যে সব যন্ত্রাংশ ক্ষয় বা নষ্ট হতে পারে (Wear and tear spare parts) সেগুলি ষ্টোরে মওজুদ আছে কিনা খোঁজ নিতে হবে। যদি না থাকে এবং সেগুলি কাজের প্রাক্কালে সংগ্রহ করা বা তৈরী করা সম্ভব না হয় তবে ওভারহলিং করা হবে কিনা এই বিষয়ে দ্বিতীয় বার চিন্তা করা প্রয়োজন। যদি যন্ত্রটি ত্রুটিসহ বা নিম্নমান কার্য্যক্ষমতায় অথবা আংশিক মেরামতে আরো কিছুদিন চালান যায় তবে ওভারহলিং কাজ স্থগিত রাখা উচিৎ হবে। আর যদি যন্ত্রটি সম্পূর্ন না খুলে এর ত্রুটি নির্ধারণ করা যাচ্ছে না বা ত্রুটি সহ চালালে আরো ক্ষতি হওয়ার সম্ভাবনা আছে অথবা ওভাবহলিং ছাড়া যন্ত্রটি অকেজো অবস্থায় পড়ে থাকবে; সেক্ষেত্রে অভারহলিং কাজে অগ্রসর হওয়াই বাঞ্ছনীয়।

যন্ত্রের সাধারণ মেরামত কাজের জন্য সর্বদা প্রস্তুত থাকতে হবে। আগে থেকে অনুমান করে প্রত্যেক যন্ত্রের জন্য প্রয়োজনীয় দব্যাদি, যন্ত্রাংশ ও যন্ত্রপাতি মওজুদ রাখতে হবে। যাতে ত্রুটি দেখা দিলে মেরামতে বেশী সময় ব্যয় না হয়। ত্রুটি নানা প্রকৃতির হতে পারে। কিছু ত্রুটি আছে সহজে ধরা যায় বা বাহির থেকে দেখা যায়। আবার কোন কোন ত্রুটি সহজে বোধগম্য হয় না বা দেখা যায় না। যন্ত্রে যে কোন প্রকার ত্রুটি দেখা দিলে তার কারণ কি খুঁজে বের করা উচিৎ এবং সেভাবে মেরামত কাজ সম্পাদন করা উচিৎ। চিন্তা ভাবনা না করে সরাসরি মেরামত করে দিলে বা যন্ত্রাংশ বদলিয়ে দিলে কিছুদিন পরে সেই ত্রুটি আবার দেখা দিতে পারে। সেজন্য ত্রুটির মূল কারণ কি তা বুঝতে হবে এবং তাকে সঠিক করতে হবে। অবশ্য ছোট–খাট বিষয় হলে এত তলিয়ে দেখার প্রয়োজন পড়ে না। কোন কোন সময় কোন কোন যন্ত্রে এমন ধরনের ত্রুটি দেখা দেয় যার কারণ সহজে বুঝা যায় না। যদি ত্রুটি গুরুত্বপূর্ণ হয় তবে এর গভীরে প্রবেশ করতে হবে। সেক্ষেত্রে যন্ত্রটির নির্মাণ প্রকৃতি থেকে শুরু করে পরিচালন পদ্ধতি পর্যন্ত ত্রুটির সাথে সম্পর্কযুক্ত বিষয় সমূহকে বিশ্লেষণ করে দেখতে হবে। প্রয়োজনবোধে যন্ত্রটিকে বিভিন্নভাবে চালিয়ে পরীক্ষা নিরীক্ষার মাধ্যমে সঠিক

কারণ ও উৎস বের করতে হবে। এই ধরনের ত্রুটি দেখা দিলে বিশ্লেষণ না করে শুধু অনুমানের উপর যন্ত্র বা যন্ত্রাংশ খুলে লন্ডভন্ড করা ঠিক নয়। তবে সন্দেহপূর্ণ যন্ত্রাংশটি যদি ছোট-খাট হয় বা সহজ প্রকৃতির হয় তবে তা খোলা যায়। অবশ্য বিশ্লেষণের মাধ্যমে কোন স্থির সিদ্ধান্তে পৌছতে না পারলে খোলাখুলির কাজ শেষে করতেই হবে। তবে প্রথমে বিশ্লেষণ ও পরীক্ষা-নিরীক্ষা বাঞ্ছনীয়।

একেক প্রকারের যন্ত্র একেক রকম গঠন প্রকৃতির হয়ে থাকে। কার্য্য পদ্ধতিও প্রয়োজন মোতাবেক আলাদা রকমের হয়ে থাকে। কিন্তু বিভিন্ন যন্ত্রাংশ ও মূল কার্য্য পদ্ধতির মধ্যে যথেষ্ট মিল আছে। যেমন বিয়ারিং, গিয়ার, সাফ্‌ট বেল্ট, পেকিং ইত্যাদির গঠন প্রকৃতি বা কার্য্য পদ্ধতি অনুরূপ হয়ে থাকে। সুতরাং যে কোন দুই তিন প্রকার যন্ত্রের মেরামত ও ওভারহলিং কার্য্যে অভিজ্ঞতা থাকলে অন্যান্য যন্ত্র বা নুতন ধরনের যন্ত্রপাতির কাজ সম্পাদন করা অসুবিধা হয় না। যন্ত্রটির প্রকৃতি ও কার্য্য পদ্ধতি সম্পর্কে তথ্য সংগ্রহ করে নিলে মেরামত ও ওভারহলিং কাজ করা সম্ভব ।তবে যন্ত্রটি যদি বড় আকৃতির হয় বা জটিল প্রকৃতির হয় অথবা গুরুত্বপূর্ণ অবস্থানের হয় তবে অভিজ্ঞ ব্যক্তি ছাড়া ওভারহলিং কাজে বা বড় মেরামত কাজে হাত দেয়া উচিৎ নয়। ছোট-খাট বা সহজ প্রকৃতির যন্ত্রের ওভারহলিং কাজ সাধারণ অভিজ্ঞতা নিয়ে করা সম্ভব।

বিভিন্ন প্রকার যন্ত্রের ওভারহলিং ও মেরামত পদ্ধতি অল্প পরিসরে ব্যাখ্যা করা সম্ভব নয়। নমুনা হিসাবে একটি যন্ত্র সম্পর্কে এখানে ব্যাখ্যা এবং তথ্য সরবরাহ করব। অন্যান্য যন্ত্রের বেলায় অনুরূপ মূল পদ্ধতি অনুসরণ করা যেতে পারে।

অসংখ্য প্রকার যন্ত্রপাতির মধ্যে পাম্প বিশেষ করে সেন্ট্রিফিউগাল পাম্প (centrifugal pump) বহুল ব্যবহৃত অথচ গুরুত্বপূর্ণ যন্ত্র। পাম্প সম্পর্কে সকলেরই অল্প বিস্তর ধারনা ও অভিজ্ঞতা আছে। বড় কল কারখানা থেকে শুরু করে বাড়ীতে পানি সরবরাহের কাজ পর্যন্ত সর্বত্র এর ব্যবহার আবশ্যক। সেজন্য এই অধ্যায়ে উদাহরণ স্বরূপ পাম্পের প্রকৃতি, কার্য্যপদ্ধতি, ওভারহলিং ও মেরামত সম্পর্কে আলোচনা করব।

পাম্প (Pump)

পাম্প এমন একটি যন্ত্র বা যান্ত্রিক ব্যবস্থা যা দ্বারা তরল পদার্থ একস্থান হতে অন্য স্থানে স্থানান্তরিত করা যায়। পাম্প দ্বারা তরল পদার্থ মাধ্যাকর্ষন শক্তির বিপরীতে নীচ হতে উপরে উঠান যায়। কম চাপযুক্ত স্থান হতে বেশী চাপযুক্ত স্থানে সরবরাহ করা যায়। বাতাস বা অন্যান্য গ্যাস অথবা গ্যাস মিশ্রিত তরল পদার্থকে কোন আবদ্ধ স্থান হতে যে যন্ত্র দ্বারা নিষ্কাশন করা হয় তাহাও পাম্প হিসাবে গণ্য করা হয়। তবে এদের ব্যবহার সীমাবদ্ধ।

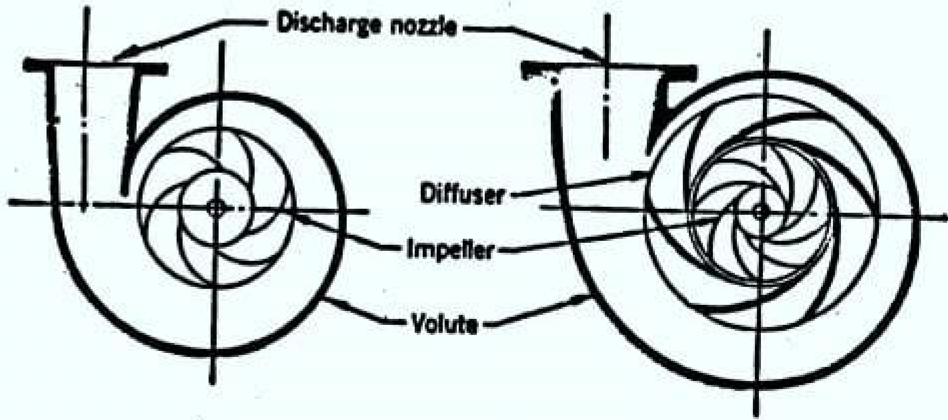
গঠন ও প্রয়োগ প্রকৃতি বিচারে পাম্পকে তিনটি গ্রুপে বিভক্ত করা হয়েছে। যথাঃ–

১) সেন্ট্রিফিউগাল পাম্প (Centrifugal pump)

২) রেসিপ্রোকেটিং পাম্প (Reciprocating pump)

৩) রোটারী পাম্প (Rotary pump)

সেন্ট্রিফিউগাল পাম্প ঃ– এই পাম্প তার ঘূর্ণায়মান শক্তি দ্বারা তরল পদার্থের উপর সেন্ট্রিফিউগাল শক্তি (Centrifugal force) তৈরী করে যার ফলে তরল পদার্থ পাম্পের কেন্দ্র হতে বাহিরের দিকে ধাবিত হয় ও চাপ সৃষ্টি করে। সেন্ট্রিফিউগাল শক্তির নীতির উপর কাজ করে বলে এই ধরনের পাম্পকে সেন্ট্রিফিউগাল পাম্প বলে। পাম্পের সাফ্‌টের উপর ইম্পেলার বা ব্লেড থাকে। সাফ্‌ট কোন মটর বা অন্য যন্ত্র দ্বারা চালিত হলে ইম্পেলার সাফ্‌টের সাথে ঘুরতে থাকে। ইম্পেলারের কেন্দ্র এলাকায় তরল পদার্থ ঢুকার পথ (eye) থাকে। তরল পদার্থ কেন্দ্র হতে ইম্পেলারের ঘূর্ণায়মান শক্তি দ্বারা গৃহিত হয় এবং সেন্ট্রিফিউগাল শক্তির কারণে ইম্পেলারের বাহিরের প্রান্তে যথেষ্ট বেগে গিয়ে পৌছায়। এই বেগপ্রাপ্ত তরল পদার্থ পাম্পের বডি ভলিউটের মাধ্যমে অথবা ডিফিউজারের মাধ্যমে বাহির হয়ে ডিসচার্জ নোজলে (Discharge Nozzle) গিয়ে পৌছায়। ৯৭ নং চিত্রে এর কার্য্য পদ্ধতি দেখান হয়েছে। ভলিউট (Volute) অনেকটা শঙ্খিল (Spiral) আকৃতির যা একদিক হতে বর্দ্ধিত হতে হতে নোজলে গিয়ে মিশেছে। এই ভলিউটের মাধ্যমে তরল পদার্থের বেগ কিছুটা রহিত হয় এবং চাপ বেড়ে যায়। ডিফিউজার দ্বারা অনরূপ কাজ সম্পাদন হয়।



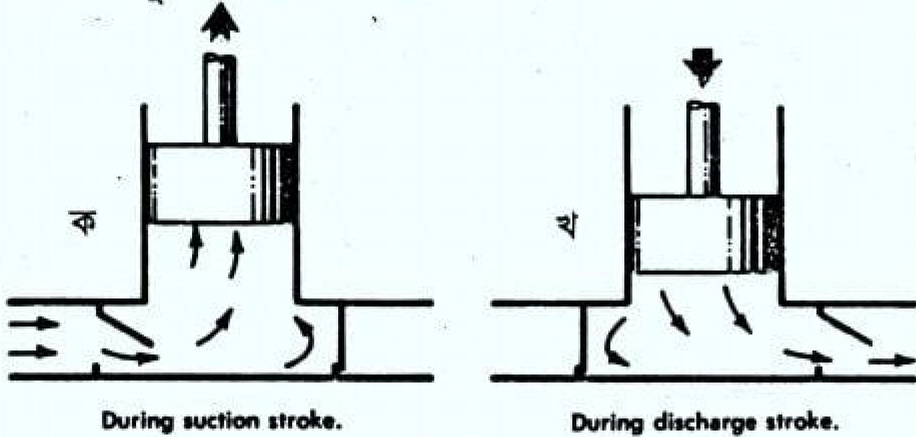
চিত্র নং—৯৭, সেন্ট্রিফিউগাল পাম্পের কার্য্যপদ্ধতি।

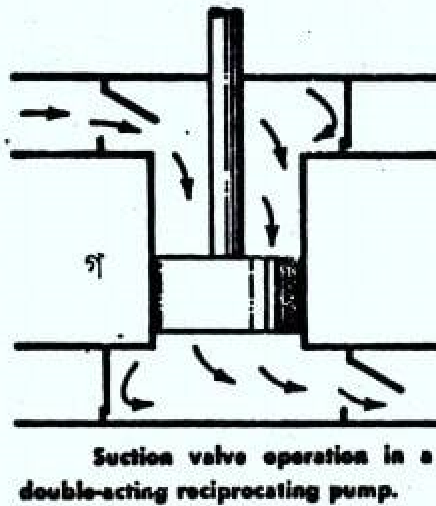
সেন্ট্রিফিউগাল পাম্প দুই ধরনের হতে পারে। যদি একসারি ইম্পেলার থাকে তবে তাকে সিঙ্গেল ষ্টেজ (Single Stage) পাম্প বলে। যদি দুই বা ততোধিক সারির ইম্পেলার থাকে তবে তাকে মালটি ষ্টেজ (Multi-stage) পাম্প বলে। মালটি ষ্টেজ পাম্পের প্রত্যেকটি ষ্টেজ সিঙ্গেল ষ্টেজ হিসাবে কাজ করে। প্রত্যেক ষ্টেজে পানির চাপ বৃদ্ধি হতে থাকে। আবার সাকসনের (Suction)দিক থেকে বিবেচনা করলে পাম্প দুই প্রকৃতির হতে পারে। অর্থাৎ ইম্পেলারের একদিক থেকে তরল পদার্থ গৃহিত হলে সিঙ্গেল এন্ড সাকসন (Single end Suction) এবং ইম্পেলারের উভয় দিক হতে গৃহিত হলে ডাবল এন্ড সাকসন (Double end suction) পাম্প বলে।

পাম্পের অবস্থান (position) হিসাবে দুইভাগে ভাগ করা যায়। যদি সাফ্‌ট ভূমি বরাবর হয় তবে তাকে হরাইজন্টাল পাম্প (Horisontal pump) বলে। আর যদি সাফ্‌ট খাড়া হয় তবে তাকে ভারটিকাল পাম্প (Vertical pump) বলে। সুতরাং প্রয়োজন ও পরিচালন প্রকৃতি হিসাবে সেন্ট্রিফিউগাল পাম্প বিভিন্ন প্রকার নামকরণের হয়ে থাকে।

রেসিপ্রোকেটিং পাম্প (Reciprocating pump)ঃ— এই প্রকার পাম্পে সাফ্‌ট সামনে পিছনে (back and forth) সঞ্চালিত হয়। সাফটের সাথে একটি পিষ্টন (piston) সংযুক্ত থাকে যা একটি সিলিন্ডারের

(cylinder) মধ্যে আসা যাওয়া করে। পিস্টন ও সিলিন্ডারের মধ্যে সিলং হিসাবে O-রিং বা পিস্টন রিং ব্যবহৃত হয়। পিস্টন ওঠা নামা করার সময় একবার তরল পদার্থকে সিলিন্ডারের ভিতর টেনে নেয় এবং আরেকবার বের করে দেয়। যখন টেনে নেয় তখন তাকে সাকসন ষ্ট্রোক (suction stroke) বলে এবং যখন বের করে দেয় তখন ডিসচার্জ ষ্ট্রোক বলে। সিলিন্ডারের ভিতর তরল পদার্থের এই আসা যাওয়াকে নিয়ন্ত্রন করার জন্য সাকসন ও ডিসচার্জ লাইনে চেক ভাল্ব ব্যবহৃত হয়। নিম্নের চিত্র দ্বারা বিষয়টিকে বুঝান গেল। ক চিত্র–চিত্রে পিস্টন যখন তার নিম্নতম অবস্থান থেকে উপরে উঠতে থাকে তখন সেখানে ভেকুয়াম সৃষ্টি হয় এবং তরল পদার্থ সাকসন ভাল্বকে ঠেলে সিলিন্ডারের ভিতর প্রবেশ করতে থাকে। আবার যখন পিস্টন উপর থেকে নীচে নামতে থাকে (খ চিত্র), তখন চাপ সৃষ্টি হয় যার ফলে সাকসন ভাল্ব বন্ধ হয়ে যায় এবং ডিসচার্জ ভাল্ব খুলে যায় যার মধ্যে দিয়ে তরল পদার্থ ঠেলে বেগে নির্গত হয়।



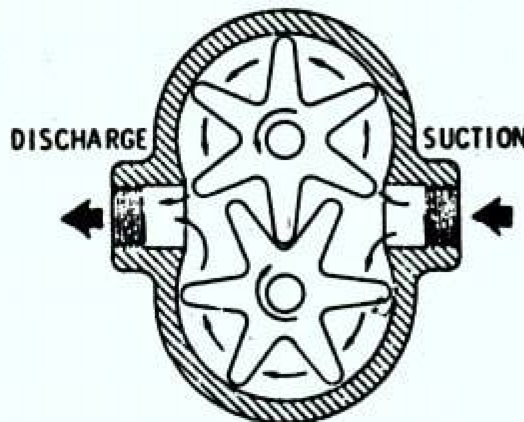


Suction valve operation in a double-acting reciprocating pump.

চিত্র নং–৯৮, রেসিপ্রোকেটিং পাম্পের কার্য্য পদ্ধতি।

এই পাম্পকে দুই ভাগে বিভক্ত করা হয়েছে। উপরে বর্নিত প্রকৃতির পাম্পকে সিঙ্গেল একটিং পাম্প (Single acting pump) বলে। যদি একই ষ্ট্রোকে পিস্টন একদিক হতে তরল পদার্থ টেনে নেয় এবং অন্য দিকে হতে একই সময়ে তরল পদার্থ বের করে দেয়, আবার ফিরতি ষ্ট্রোকেও অনুরূপ কাজ করে তবে তাকে ডাবল একটিং পাম্প (Double acting pump) বলে। ডাবল একটিং পাম্পে দু'টি সাকসন ভাল্ব ও দু'টি ডিসচার্জ ভাল্ব থাকে যা সিলিন্ডারের উভয় প্রান্তে অবস্থান করে। এই পাম্প সিঙ্গেল একটিং পাম্পের চেয়ে বেশী অর্থাৎ দ্বিগুণ কার্য্যক্ষম (চিত্র – গ)। পরিচালন নীতির দিক থেকে রেসিপ্রোকেটিং পাম্পকে পজিটিভ ডিসপ্লেসমেন্ট পাম্প (positive displacement pump) হিসাবে আখ্যায়িত করা হয়।

রোটারী পাম্প (Rotary pump) :– রোটারী পাম্পও পজিটিভ ডিসপ্লেসমেন্ট পাম্প; কিন্তু এতে চেক ভাল্ব নেই এবং পিস্টনের উঠানামাও নেই। এই ধরনের পাম্পে সাফ্‌টের ঘূর্ণন গতিকে বিভিন্ন ডিজাইনের গিয়ার (Gear), ভেইন (Vane), কেম (Cam) ইত্যাদির, মাধ্যমে তরল পদার্থের উপর সঞ্চালন করা হয়। এই গিয়ার বা ভেইন সমূহ পাম্পের খোলসের ভিতর থেকে আবর্তিত হতে থাকে এবং আবর্তনের দিক অনুসারে একদিক হতে তরল পদার্থ গ্রহণ করে অন্য দিকে ঠেলে বাহির করে দেয়। নিম্নে এক প্রকারের রোটারী পাম্পের চিত্র দেয়াহল।



চিত্র নং–৯৭, রোটারী পাম্পের কার্য্য পদ্ধতি।

চিত্রে গিয়ারদ্বয় খোলসের মধ্যে ঘুরার সময় সাকসান হতে তরল পদার্থকে সাথে নিয়ে উভয় দিকে চলতে থাকে এবং শূন্য স্থান পুরণের জন্য সাকসান দিকের পরবর্তী গিয়ারের ফাঁক আবার তরল পদার্থে ভরে যায়। ঐ গিয়ারের সাথে তরল পদার্থ আবার অগ্রসর হতে থাকে। অন্য প্রান্তে এসে তরল পদার্থ গিয়ার থেকে বেরিয়ে ডিসচার্জে চলে যায়। এভাবে চলার ফলে তরল পদার্থে চাপ ও প্রবাহের সৃষ্টি হয়।

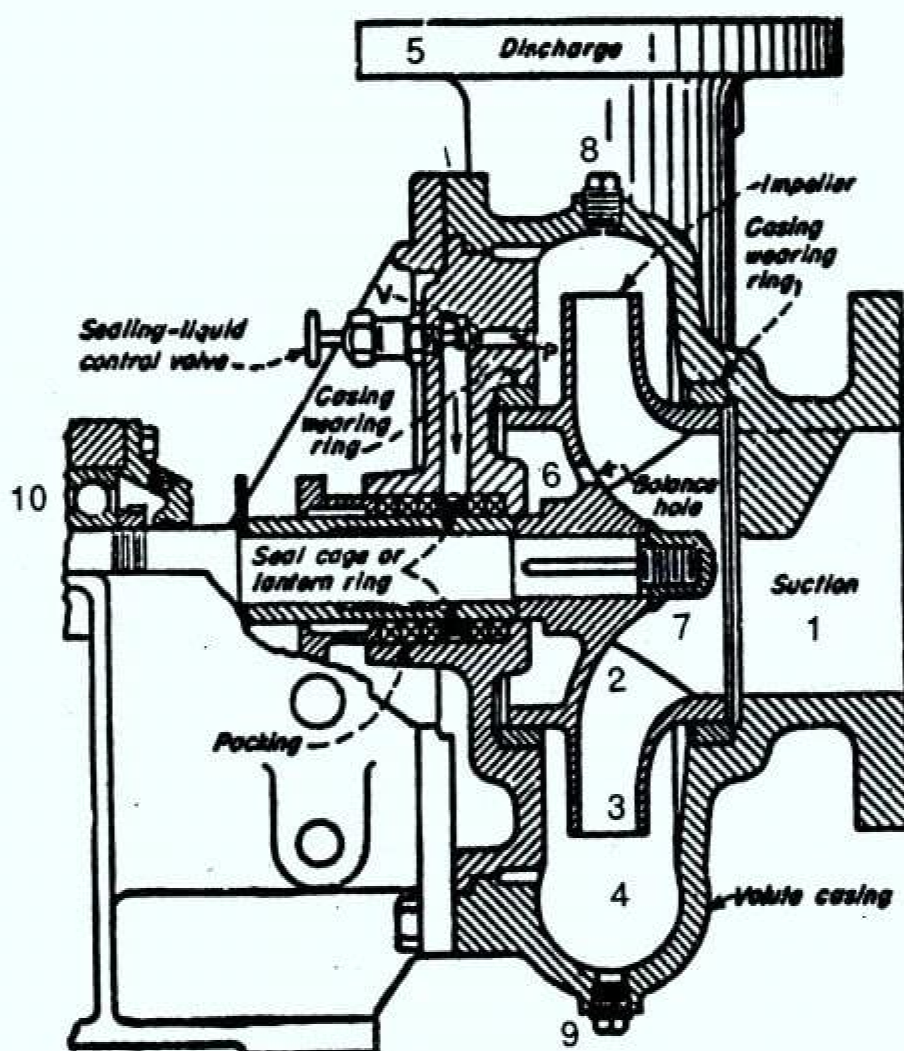
রোটারী পাম্প অনেক প্রকার ও প্রকৃতির হতে পারে। এই ধরনের পাম্পের মধ্যে সূক্ষ্ম ক্লিয়ারেন্স থাকে। প্রবাহের স্থিতিশীলতা বেশী। সীমিত ও স্থিতিশীল তরল পদার্থ প্রবাহের কাজে রোটারী পাম্পের ব্যবহার বেশী।

সেন্ট্রিফিউগাল পাম্পের প্রকৃতি

ক) গঠন প্রকৃতি (Constructional features)

একটি সেন্ট্রিফিউগাল পাম্প কি কি যন্ত্রাংশ দ্বারা গঠিত হয়, কোন্ যন্ত্রাংশ কোথায় অবস্থান করে এবং কি কাজ করে তা দেখা দরকার। বিভিন্ন ধরনের সেন্ট্রিফিউগাল পাম্পের মধ্যে গঠনের দিক থেকে যৎসামান্য পার্থক্য থাকলেও মূল অংশগুলি প্রায় একই রকম। এখানে একটি সিঙ্গেল ষ্টেজ সিঙ্গেল সাকসন তথা হরাইজন্টাল পাম্পের চিত্র দিয়ে ব্যাখ্যা করা হল।

এই পাম্পটি একদিক থেকে পানি বা তরল পদার্থ (আমরা এখানে তরল পদার্থ হিসাবে পানিকে ধরে নিব) গ্রহন করে এবং ইম্পেলারের কেন্দ্রে টেনে নেয়। সাকসনের মুখ (১নং) ফ্ল্যাঞ্জ দ্বারা, যেখানে থেকে তরল পদার্থ নেয়া হবে তার সাথে সংযুক্ত থাকে। অতপর পানি ইম্পেলারের (২নং) মধ্যে দিয়ে সেন্ট্রিফিউগাল শক্তির মাধ্যমে কেন্দ্র থেকে দুরে ছিটকে যেতে থাকে এবং ইম্পেলারের বাহিরের মুখ দিয়ে (৩নং) বেড়িয়ে ভলিউটে (৪নং) গিয়ে পৌছায়। ভলিউটের আয়তন ইম্পেলারের তুলনায় বড় বলে তরল পদার্থ এখানে প্রসারিত হতে পারে, ফলে কিছুটা গতি হারিয়ে চাপ প্রাপ্ত হয়।ভলিউটের কোন একদিক থেকে ডিসচার্জ মুখ বেড়িয়ে গেছে যাহার ফ্ল্যাঞ্জ (৫ নং) বাহিরের সরবরাহ পাইপের সাথে সংযুক্ত থাকে।



চিত্র নং—১০০, একটি সেন্ট্রিফিউগাল পাম্পের নমুনা।

ইম্পেলার যখন ভলিউট খোলসের ভিতর ঘুরে তখন উভয়ের মধ্যে ফাঁক থাকা প্রয়োজন হয়। যদি এই ফাঁকের মাত্রা বেশী হয় তাহলে ভলিউটের তরল পদার্থ সেখান দিয়ে পুনরায় সাকসানে চলে যাবে। সেজন্য কোন এক স্থানে সিলিং করা দরকার হয়। অর্থাৎ ঐ স্থানে ইম্পেলার ও কেইজিং এর মধ্যে উভয় দিকে যতটা সম্ভব কম ক্লিয়ারেন্স রাখতে হবে। কেজিং অংশে এই কাজ সম্পন্ন করা হয়েছে। এই অংশে কেইজিং এর মধ্যে আলাদা রিং পড়ান থাকে যা কেইজিং ওয়েরিং রিং (casing wearing ring) নামে পরিচিত। এই স্থানের

সূক্ষ্মতা ও লিক হয়ে যাওয়া তরল পদার্থের গতি ধারার জন্য কেইজিং ক্ষয়প্রাপ্ত হয় এবং ক্লিয়ারেন্স বেড়ে যায়। সুতরাং কেইজিং যেন ক্ষয় প্রাপ্ত না হয় এবং ক্লিয়ারেন্স বেড়ে গেলে যেন সঠিক করা যায় সেজন্য এখানে আলাদা রিং বসান থাকে যা দিনে দিনে ক্ষয় প্রাপ্ত হয়। সময়ে একে পরিবর্তন করে দেয়া হয়। একই ভাবে ঐ স্থানে ইম্পেলারের অংশও ক্ষয় প্রাপ্ত হয়। সেজন্য সেখানে ইম্পেলার অংশেও অনেক পাম্পে পরিতবর্তন যোগ্য রিং বসান থাকে যাহা ইম্পেলার ওয়েরিং রিং (Impeller wearing ring) নামে পরিচিত। সাধারনতঃ ইম্পলারের ধাতু কঠিন প্রকৃতির থাকে বলে ইম্পেলারে ক্ষয়ের মাত্রা কম হয়। ফলে অনেক পাম্পে ইম্পেলারে এই রিং ব্যবহার করা হয় না।

পাম্পের সাফ্ট ও কেইজিং'এর মধ্যকার ফাঁক সিল করার জন্য পেকিং রিং ও গ্ল্যান্ড ব্যবহৃত হয়। পেকিং'এর ঘর্ষণে দিনে দিনে সাফ্ট ক্ষয় হওয়ার সম্ভাবনা থাকে। সেজন্য ঐ অংশে সাফটের উপর আলাদা একটা বুশ ব্যবহার করা হয় যাকে গ্ল্যান্ড বুশ (Gland bush) বা গ্ল্যান্ড স্লীভ (Gland sleeve) বলে। কয়েক বৎসর পাম্প চলার পর এই স্লীভ পরিবর্তন করতে হয়। পেকিং ও লনটন রিং কিভাবে কাজ করে তা আগে পেকিং অধ্যায়ে বলা হয়েছে। চিত্রে লক্ষ্য করা যাচ্ছে যে পেকিং সিল করার জন্য ভলিউট থেকে ছিদ্র করে (p বিন্দু) লনটন রিং বরাবর দেয়া হয়েছে ।যদি ইহা ঠান্ডা পানি সরবরাহের পাম্প হয় তাহলে এমনটা করা সম্ভব। যেহেতু p বিন্দুতে পানির চাপ যথেষ্ট থাকবে সে জন্য একটি কন্ট্রোল ভাল্বের মাধ্যমে পরিমিত পানি গ্ল্যান্ডে দেয়া হয়।যদি ভলিউটের পানি উত্তপ্ত থাকে বা অন্য কোন তরল পদার্থের পাম্প হয় তাহলে এই p বিন্দুর ছিদ্র থাকবে না। অন্য কোন ব্যবস্থার মাধ্যমে শীতল পরিষ্কার পানি এনে ঐ ভাল্বের লাইন বরাবর দেয়া হয়। ইম্পেলারের গোড়ায় দিকে একটি ছিদ্র দেখা যাচ্ছে (৬ নং) যা ব্যালেন্স হোল (Balance hole) নামে পরিচিত। ওয়েরিং রিং'এর মধ্য দিয়ে পানি লিক করে ইম্পেলারের পিছনের নীচের অংশে জমতে থাকে এবং এক সময় চাপ সৃষ্টি করে। এই চাপ ইম্পেলার তথা সাফ্টকে সর্বদা সামনের দিকে ঠেলবে। ঐ ছিদ্র থাকার ফলে পানি বা তরল পদার্থ বেড়িয়ে গিয়ে সাকসানে মিশে যাবে এবং উভয় দিকের চাপের পার্থক্যকে সামঞ্জস্য করে রাখবে। যদি ডাবল সাকসন এ্যান্ডের পাম্প হয় তাহলে এই ব্যালেন্স হোলের প্রয়োজন পড়ে না। আবার যদি মালটি স্টেজ পাম্প হয় তবে শুধু এই ব্যালেন্স হোল দ্বারা চাপের পার্থক্য সামঞ্জস্য করা সম্ভব হয় না। সে ক্ষেত্রে আলাদা

ব্যালেন্স ডিসকের ব্যবস্থা করতে হয় যা ইম্পেলার সমূহের সর্বমোট চাপের পার্থক্যকে মোটামুটি ব্যালেন্স করে রাখে।

ইম্পেলারকে সাফটের মধ্যে আবদ্ধ করে রাখার জন্য সাফটের প্রান্তে একটি নাট ব্যবহার করা হয়েছে যাকে সাফ্ট লকনাট (shaft lock nut) বলে (৭ নং)। এই নাটের প্যাচ সাফ্ট যে দিকে ঘুরবে তার বিপরীত দিকের হতে হয়,নতুবা ঘূর্ণনের ফলে নাট লুজ হয়ে খুলে যেতে পারে। ভলিউটের উপরে এবং নীচে দুটি প্লাগ নাট দেখা যাচ্ছে (৮ এবং ৯ নং)। উপরের নাটটিকে ভেন্ট প্লাগ (Vent plug) বলে। পাম্প প্রাইমিং করার সময় এই নাট খুলে বাতাস নির্গত করা হয়। পাম্প চালু অবস্থায় এয়ার লক (air lock) হলেও এই ভেন্ট কিছুক্ষণের জন্য খুলে দিতে হয়। কোন কোন পাম্পে এই প্লাগের পরিবর্তে একটি ভাল্বের মাধ্যমে ভেন্ট লাইন দেয়া থাকে। নীচের প্লাগটি ড্রেইন প্লাগ। পাম্পের গ্ল্যান্ডের পরে বল বিয়ারিং (১০ নং) দেখা যাচ্ছে। যদি সিঙ্গেল ষ্টেজ বা সিঙ্গেল সাকসন না হত তাহলে পাম্পের উভয় দিকে গ্ল্যান্ড পেকিং ও বিয়ারিং ব্যবহার করতেহত।

খ) কার্য্য সম্পাদন প্রকৃতি (Performance characteristics)

পাম্পের কার্য্য সম্পাদন ক্ষমতা প্রধানত তিনটি জিনিষ দ্বারা বিচার করা হয়। প্রথমত পাম্পের হেড (pump head) অর্থাৎ পাম্প তার যন্ত্রের কেন্দ্র লাইন হতে কতটা উচুতে তরল পদার্থ বা পানিকে উত্তোলন করতে পারে বা বলা যেতে পারে ঐ পরিমাণ পানির কলামের হেড কত অর্থাৎ চাপ কত। আমরা একে পাম্পের ডিসচার্জ প্রেসারও (discharge pressure) বলতে পারি। সাধারনত একে পাম্পের হেড হিসাবে ধরা হয় এবং ফিটের পরিমাপে উচ্চতা বিচার করা হয়। দ্বিতীয়ত পাম্পের কেপাসিটি (capacity) অর্থাৎ পাম্প কি পরিমান পানি প্রতি একক সময়ে সরবরাহ করতে পারে। সাধারনত প্রতি মিনিটে কত গ্যালন (gpm) সরবরাহ করতে পারে বা উত্তোলন করতে পারে তাকেই পাম্পের কেপাসিটি হিসাবে বিচার করা হয়। অন্যান্য এককেও হিসাব হতে পারে যেমন ঘনফুট /সেকেন্ড (cu ft per sec), পাউন্ড /ঘন্টা (pounds per hour) ইত্যাদি। তৃতীয়ত শক্তির ব্যবহার বা পাওয়ার ইনপুট (power input) অর্থাৎ পাম্প নির্দিষ্ট পরিমাণ পানি নির্দিষ্ট চাপে সরবরাহ করতে কি পরিমাণ অশ্ব শক্তি ব্যয় করছে। পাম্পটি যে যন্ত্র দ্বারা চালিত হয় তার ব্র্যাক হর্স পাওয়ারকে (Brake horse power or bhp) এর পরিমাপ হিসাবে বিচার করা হয়।

চতুর্থ আরো একটি বিষয় বিবেচনার মধ্যে আসে যা পাম্পের কেপাসিটি ও শক্তির সাথে জড়িত অর্থাৎ পাম্পের কার্য্যক্ষমতা বা ইফেসিয়েন্সী (efficiency)।

পাম্পের কার্য্য সম্পাদন প্রকৃতি এবং নীতি সমূহ বুঝার পূর্বে চাপ, প্রবাহ ও শক্তি সম্পর্কে মাপ পরিমাপ অধ্যায়ে যে ব্যাখ্যা করা হয়েছে তা পুনরায় পড়ে নিতে অনুরোধ করব।

পাম্প হেড (pump head):- পাম্প হেডকে আমরা দুই ভাগে ভাগ করতে পারি। একটি হল সাকসান হেড (suction head) এবং অপরটি হল ডিসচার্জ হেড (discharge head)। উভয়ের যোগ বা বিয়োগ ফল হবে পাম্পের মোট হেড (Total head)। ধরা যাক একটি পাম্প তার নিকটবর্তী একটি পানির টেঙ্ক যার মধ্যে পানির লেবেল পাম্পের কেন্দ্র রেখা হতে ৭ ফুট উচুতে আছে বা থাকে। এই পাম্পটি ৩০ ফুট উচু একটি টেঙ্কে পানি সরবরাহ করছে। তাহলে এই পাম্পের মোট হেড H বা H_t হবে

$$H_t = H_d - H_s = ৩০-৭ = ২৩ \text{ ফুট}$$

যদি নিকটবর্তী পানির টেঙ্কটি পাম্পের নীচে হয় এবং এর পানির লেবেল পাম্পের কেন্দ্র রেখা হতে ৭ ফুট নীচে হয় তাহলে পাম্পের H_t হবে,

$$H_t = H_d + H_s = ৩০+৭ = ৩৭ \text{ ফুট}$$

H_d হল পাম্পের ডিসচার্জ হেড অর্থাৎ পাম্প তার কেন্দ্ররেখা হতে যতটুকু উপরে পানিকে উঠাতে পারে বা ক্ষমতা রাখে। এই অবস্থায় যদি পাম্পের ডিসচার্জের মুখে একটি প্রেসার গেজ লাগান হয় তাহলে যে পরিমান চাপ প্রদর্শন করবে উহাই পাম্পের H_d–উপরের উদাহরন অনুসারে গেজে চাপ প্রদর্শন করবে।

চাপ = H_d x ০·৪৩৩
= ৩০x০·৪৩৩=১৩..............................psi

কারন প্রতি ফিট পানি কলামের চাপ ০·৪৩৩ psi। যদি পানি না হয়ে অন্য তরল পদার্থ হয় তাহলে তাকে ঐ পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব দিয়ে গুণ করতে হবে। সে ক্ষেত্রে দাঁড়াবে

চাপ = H_d x ০·৪৩৩ x তরল পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব।

যদি এমন হয় যে উপরের টেঙ্কটি একটি আবদ্ধ পাত্র যেখানে সর্বদা ২০ psi চাপ থাকে তাহলে হিসাব এমন যে এই ক্ষেত্রে পাম্প ৩০ ফুট উচুতে পানি উঠাচ্ছে,সাথে ২০ psi চাপের প্রতিকুল অবস্থায় কাজ করছে। অর্থাৎ ২০ psi পরিমান হেড পানি পাম্পটি আরো উপরে উঠাতে পারত। সেজন্য এখানে পাম্পের H_d হবে

$$H_d = ১৩ \text{ psi} + 20 \text{ psi}$$

$$= ৩৩ \text{ psi}$$

$$= ৭৬\cdot২ \text{ ft of water}$$

আরো দুটি বিষয় এই ডিসচার্জ হেডের সাথে অন্তর্ভুক্ত করা হয়। একটি হল পানির ডিসচার্জ পাইপ লাইনে ঘর্ষণ জনিত হেড লস। অন্যটি হল সাকসন ডিসচার্জের গতির পার্থক্য জনিত হেড। সাধারণ হিসাবে এগুলি বিবেচনা করা হয় না। পাম্পের সাকসান হেড অর্থাৎ, Hs হল পাম্পের কেন্দ্র রেখা বরাবর বা সাকসান নজলে তরল পদার্থ অথবা পানির যে পরিমান চাপ বা হেড আছে: এই হেড বলতে পাম্পের সাকসনে এবসলিউট প্রেসার কত তাহাই বুঝায়। একটি পাম্প যখন চলে তখন প্রকৃতপক্ষে পাম্পের ইম্পেলার পানিকে টেনে নেয় না বা নীচ থেকে টেনে তুলে না। আসলে বায়ুমন্ডলের চাপ পানিকে পাম্পের সাকসনে ঠেলে দেয়। পাম্প তার ভিতরকার পানি ইম্পেলার দ্বারা যখন নিষ্কাশন বা ডিসচার্জ করে দেয় তখন সেখানে শূন্যতা বা ভেকুয়াম সৃষ্টি হয়। তখন সাকসনে যে হেড থাকে বা বায়ুমন্ডলের যে চাপ পানির উপর থাকে তা ঠেলে পানিকে পাম্পের সাকসন পর্যন্ত পৌছিয়ে দেয়। আর এজন্যই পাম্পকে চালাবার আগে প্রাইমিং করে নিতে হয় অর্থাৎ পাম্প ও তার সাকসান লাইনকে পানি দ্বারা ভর্তি করে নিতে হয়। একবার চালু হয়ে গেলে পাম্প অনবরত এইভাবে চলতে থাকে। সাকসন হেড বায়ুমন্ডলের চাপের সাথে জড়িত বলে এবসুলিউট প্রেসার হিসাবেই পরিগনিত হয় যাকে নেট পজিটিভ সাকসন হেড (Net positive Suction Head) বা সংক্ষেপে NPSH বলে। একটি পাম্প চলার সময় তার অবস্থান অনুসারে কতটা NPSH হেড পাচ্ছে তা নিম্নের সূত্র দ্বারা প্রকাশ করা যায়ঃ

$$\text{Available NPSH} = Ha \pm Hst - Hvp - Hf$$

আমরা জানি বায়ুমন্ডলের চাপ ১৪·৭ psi অর্থাৎ ১৪·৭+০·৪৩৩ =৩৪ ফুট পানি উচ্চতার সমান। এই হেডকে এটমোস্ফোসরিক হেড (Atmospheric head) বা Ha হিসাবে ধরা হয়েছে। Hst হল স্টেটিক হেড (Static head) অর্থাৎ পাম্পের কেন্দ্র রেখা হতে পানি সাকসন লেবেলের দূরত্ব।

এই লেবেল একটি পানির টেঙ্কের লেবেল হতে পারে যাহা পাম্প থেকে উচুঁতে আছে। যদি তাই হয় তবে এই উচ্চতা বায়ুমন্ডলের চাপের সাথে যোগ হবে। যদি পানির সাকসন লাইন অন্য কোন ভাবে চাপ প্রাপ্ত হয় তাহলে তাহাকেও হিসাবে ধরতে হবে। যদি উচুঁতে না হয়ে লেবেল নীচুতে হয় অর্থাৎ কোন পুকুর,কূপ,নীচের কোন পানির টেঙ্ক বা রিজারভয়ের হতে পানিকে উঠাতে হয় তাহলে সেই দূরত্ব বা হেড বায়ুমন্ডলের চাপ থেকে বিয়োগ করতে হবে। Hvp হল ভেপার প্রেসার (Vapor pressure) বা তরল পদার্থের বাষ্পায়ন চাপ। তরল পদার্থ বা পানির উপর চাপ কমতে থাকলে এক সময় উহা বাষ্পায়িত হতে থাকে। যদি পানি গরম থাকে তাহলে চাপ সামান্য কমলেই বাষ্পায়িত হতে শুরু করবে। যদি তাপমাত্রা বেশী হয় অর্থাৎ ১০০°C এর বেশী হয় এবং বায়ুমন্ডলে খোলা অবস্থায় থাকে তাহলে চাপ না কমালেও বাষ্পায়িত হতে থাকবে। তাপমাত্রা অনুসারে যে চাপে তরল পদার্থ বাষ্পায়িত হয় তাহাকেই উহার ভেপার প্রেসার বলে। সাধারনত খোলা আবহাওয়ায় পানির তাপমাত্রা থাকে ২০–৩০°C, যার আনুমানিক ভেপার প্রেসার হবে ৩–৪ psi অর্থাৎ ২০°C পানির উপর চাপ যখন ৩ psi (৭ ফুট হেড) হবে তখন বাষ্পায়ন শুরু হবে। সুতরাং এই মাত্রাকে Ha থেকে বাদ দিতে হবে। অর্থাৎ সাকসনে ৩ psi এর বেশী চাপ থাকতে হবে। বয়লার ফিড পাম্পের সাকসনে পানির তাপমাত্রা থাকে প্রায় ১৫০°c, সেজন্য ৪০ psi এর বেশী চাপ সাকসনে থাকা প্রয়োজন। ইহা রক্ষা করার জন্য ফিড টেঙ্ক অনেক উপরে রাখা হয়, যার ফলে সাকসনে প্রায় ৭৫ psi থাকে। অতএব পাম্প সাকসানে সর্বদা এমন একটা হেড বা চাপ রক্ষা করতে হবে যেন তরল পদার্থ বাষ্পায়িত হতে শুরু না হয়। আগেই বলেছি যে পাম্প চলার সময় সাকসন নজলে ভেকুয়াম সৃষ্টি হয়। এই অবস্থায় প্রবাহিত তরল পদার্থের তাপমাত্রা অনুসারে যেন বাষ্পায়ন শুরু না হয় তাহা বিবেচনা করতে হবে। যদি এমন হয় তাহলে পাম্প সঠিক কাজ করবে না,ভেপার লক বা বাষ্প লক হবে, কেভিটেসন (cavitation) দেখা দিবে এবং আরও অন্যান্য অসুবিধা

সৃষ্টি করবে। সুতরাং পাম্প সাকসনে পানির এবসুলিউট প্রেসার ভেপার প্রেসারের চেয়ে বেশী হতে হবে। Hf হল ফ্রিকসন লস হেড (Friction loss head) অর্থাৎ পাম্পের সাকসন পাইপ, বেন্ড, ভাল্ব ইত্যাদির মধ্যে দিয়ে পানি আসার সময় ঘর্ষণ জনিত কারণে কিছু শক্তি হারায় বা হেড লস হয় যা বেশী পরিমান হলে হিসাবে ধরতে হবে। সুতরাং একটি পাম্পের সাকসনে ফ্রিকসন হেড লস, ভেপার প্রেসার জনিত হেড এবং স্ট্যাটিক হেডের পার্থক্য, এই সব বায়ুমন্ডলের চাপ জনিত হেড থেকে বাদ দিয়ে যেই হেড পাওয়া যাবে তাহাই NPSH । সহজভাবে আমরা বলতে পারি যে বায়ুমন্ডলের চাপ অনুসারে যদিও ৩৪ ফুট নীচে থেকে পানি পাম্পে উঠা উচিৎ কিন্তু উল্লেখিত কারণ সমূহের ফলে প্রকৃত পক্ষে তাহা হয় না। পরীক্ষা করে দেখা গেছে যে সাধারণ তাপমাত্রায় একটি সেন্ট্রিফিউগাল পাম্প সর্বোচ্চ ২০ থেকে ২২ ফুট নীচ থেকে পানি উঠাতে পারে। রোটারী বা রেসিপ্রোকেটিং পাম্পের বেলায় এই মাত্রা ২৫ ফুট হতে পারে। পাম্প তৈরীর পর প্রস্তুত কারক টেষ্ট বেডে পরীক্ষা করে দেখেন যে নির্ধারিত প্রবাহের জন্য কমপক্ষে কত নেট পজেটিভ সাকসন হেড দরকার এবং সেই মান উল্লেখ করা থাকে। একে আমরা প্রয়োজনীয় (Required) NPSH বলতে পারি। আর একটি পাম্প কার্য্যক্ষেত্রে স্থাপন করার পর পরীক্ষা ও হিসাবের মাধ্যমে যে ফল পাওয়া যায় তাকে আমরা প্রাপ্ত (available) NPSH বলে থাকি।

একটি পাম্পের কেপাসিটি অর্থাৎ কি পরিমাণ পানি সরবরাহ করবে তা নির্ভর করে তার ইম্পেলারের আকার, আকৃতি এবং ঘূর্ণন মাত্রার উপর। যদি rpm বেশী হয় বা বাড়ান হয় তাহলে কেপাসিটি বাড়বে। আবার যদি সমান rpm রেখে ইম্পেলারের ব্যাস বড় করা যায় তাহলেও কেপাসিটি বাড়বে। এই বাড়ার পরিমাণ নীচের সূত্র অনুসারে হবেঃ

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2}, \ \frac{Q_2}{Q_1} = \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^3$$

এখানে Q=কেপাসিটি, n = ঘুর্নন গতি, D = ইম্পেলার ব্যাস, আবার পাম্পের ঘূর্ণনগতি বা ইম্পেলারের ব্যাস বাড়ালে হেড সৃষ্টির মাত্রাও বেড়ে যায়। সূত্র হবে,

$$\frac{H1}{H2} = \left(\frac{{n_1}^2}{{n_2}^2}\right), \ \frac{H_2}{H_1} = \left(\frac{D2}{D1}\right)^2$$

একটি পাম্প চালাতে গিয়ে তার চালক যন্ত্রটি যে পরিমাণ শক্তি ব্যয় করে তাকে আমরা চালক যন্ত্রটির ব্র্যাক হর্স পাওয়ার (Brake horse power) বা bhp বলব। আসলে ইহা পাম্পের শক্তি গ্রহন বা ইনপুট (Input)। এই শক্তি ব্যবহার করে পাম্প যে পরিমাণ কাজ সম্পাদন করতে পারল অর্থাথ যে পরিমান তরল পদার্থ যে পরিমাণ হেডে সরবরাহ করতে পারল উহাই পাম্পের শক্তি প্রদান বা আউটপুট (output)। সুতরাং পাম্পের দক্ষতা বা ইফেসিয়েন্সী (Efficiency) হবে নিম্নরুপ –

$$\text{Efficiency} = \frac{\text{pump output}}{\text{pump Input}} = \frac{\text{pump output}}{\text{bhp}}$$

$$= \frac{QrH}{33000 \times \text{bhp}} = \frac{\text{gpm} \times H}{3960 \times \text{bhp}}$$

এখানে Q = cu .ft of liquid / min

r = Specific weight of liquid

gpm = Gallon per min

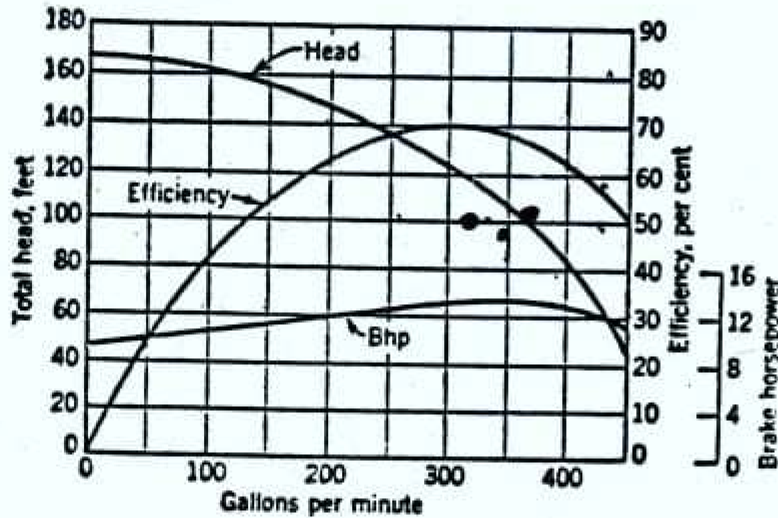
H = Head

পাম্পের হেডের সাথে bhp বা চালক শক্তির সম্পর্ক আছে। যদি পাম্পের হেড বাড়ান হয় তাহলে bhpও বাড়াতে হবে বা বেড়ে যাবে। আবার হেড বাড়ানোর জন্য পাম্পের ইম্পেলার ব্যাস (Diameter) অথবা গতি (Speed) বাড়ানোর প্রয়োজন হয় যা শেষ পর্যন্ত চালক শক্তির উপর বর্তায়। এই বাড়া কমার নিয়ম নিম্নের সূত্রদ্বয় অনুসরন করেঃ

$$\frac{(\text{bhp})_1}{(\text{bhp})_2} = \frac{n_1^3}{n_2^3}, \quad \frac{(\text{bhp})_2}{(\text{bhp})_1} = \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^5$$

পাম্প প্রস্তুত করার পর প্রস্তুতকারক উপরোক্ত সূত্র সমূহ মোতাবেক উহার পরীক্ষা নিরীক্ষা এবং হিসাব পত্র করা হয়ে থাকে। এইসব ফলাফল রেখা চিত্র দ্বারা প্রকাশ করা হয় যাকে পাম্পের কার্য্য সম্পাদন রেখা চিত্র বা পারফরমেন্স কার্ভস (performance curves) বলে। এই কার্ভ দেখে বুঝা যায় পাম্পটি কত হেডে কি পরিমাণ তরল পদার্থ সরবরাহ করতে পারবে, তার

ইফেসিয়েন্সী তখন কত হবে এবং কি পরিমাণ শক্তির প্রয়োজন হবে ইত্যাদি। নিম্নে একটি পাম্পের পারফরমেনন্স কার্ভেসের নমুনা দেয়া হলঃ



Typical centrifugal pump characteristics.

চিত্র নং—১০১, পাম্পের পারফরমেন্স কার্ভসের নমুনা।

উপরের চিত্রে তিনটি রেখা চিত্র আছে। পাম্পের হেড সম্পর্কিত রেখা চিত্রটি লক্ষ্য করলে দেখা যাবে যে পাম্পের সরবরাহ (capacity) বা প্রবাহ (flow) যখন শূন্য থাকে বা সামান্য থাকে তখন এর হেড সর্বোচ্চ হয়। যখন প্রবাহের মাত্রা বাড়তে থাকে তখন হেডের মাত্রা কমতে থাকে। আবার ইহাও লক্ষ্য করা যাচ্ছে যে হেড অনুসারে পাম্পের ইফেসিয়েন্সীর পরিবর্তন হয়। সর্বোচ্চ হেডে ইফেসিয়েন্সী সর্বনিম্ন। হেড যখন কমতে থাকে ইফেসিয়েন্সি মাত্রা বাড়তে থাকে। কিন্তু একটি নির্দিষ্ট মাত্রায় যাওয়ার পর হেড কমলে ইফেসিয়েন্সিও কমে যায়। চিত্রে দেখা যাচ্ছে নির্দিষ্ট পাম্পটির জন্য ঐ নির্দিষ্ট মাত্রা হল ১৪০ ফুট হেডে যখন এর প্রবাহ থাকে ৩০০ gpm। যে কোন পাম্প পরিচালনার সময় প্রবাহ এমন রাখা উচিৎ যেন এর ইফেসিয়েন্সি যথাসম্ভব বেশী হয়। bhp রেখা চিত্রে দেখা যাচ্ছে যে প্রবাহ বৃদ্ধির সাথে সাথে bhp ধীরগতিতে বেড়ে যায়। উচ্চ প্রবাহে হেডের বেশী পরিমাণ ঘাটতির ফলে তখন bhp বৃদ্ধির হার অধগতি হয়। পাম্পকে তার সর্বোচ্চ কেপাসিটিতে চালালে তার হেড ও ইফেসিয়েন্সী উভয়ই বিশেষ ভাবে কমে যায়। সুতরাং পাম্পকে এমন একটি মাত্রায় চলাতে হবে

যেখানে লাভ –ক্ষতির সমন্বয় সাধন হবে। এই উদাহরণ চিত্রে হেড ও ইফেসিয়েন্সী রেখাচিত্র যেখানে ছেদ করেছে সেই মাত্রায় পাম্পটিকে চালালে ভাল ফল পাওয়া যাবে। এই মাত্রাকে ইকোনমিক রান পয়েন্ট (Economic run point) বলে। এখানে এর মান হল H=133ft, Q=250gpm, Eff = 67%, bhp =13 hp। পাম্পটির কেপাসিটি যদিও শূন্য থেকে ৪৫০ gpm, কিন্তু ২৫০ gpm-এ বেশীর ভাগ সময় চালাতে পারলে পরিচালন খরচ কম পড়বে।সেজন্য কোন পাম্প নির্বাচনের সময় কার্য্য সম্পাদন প্রকৃতি (Performance Characterision) দেখে ঠিক করতে হয় পরিচালন প্রয়োজন অনুযায়ী কোনটি বেশী উপযুক্ত হবে।

একটি পাম্প দীর্ঘদিন চলার পর তার কার্য্যসম্পাদন ক্ষমতা কমে আসে। কতটুকু কমল তা পরীক্ষা করে তার মূল রেখা চিত্র সমূহের সাথে তুলনা করে দেখলে বুঝা যাবে। যদি এই ঘাটতির পরিমাণ যথেষ্ট হয় তাহলে বুঝতে হবে যে পাম্পটির মেরামত বা নবায়ন প্রয়োজন।

গ) **পরিচালন প্রকৃতি (operation features)ঃ-** পাম্পের গঠন ও কার্য্যসম্পাদন নীতির উপর ভিত্তি করে পরিচালনার জন্য কিছু নিয়ম কানুন ঠিক করে দেয়া হয়। যদি এই নিয়মগুলি মানা না হয় তাহলে পাম্পের ক্ষতি হওয়া স্বাভাবিক এবং ত্রুটি দেখা দিতে বাধ্য। কোন পাম্পের ত্রুটি দেখা দিলে বা অস্বাভাবিকভাবে চললে সংরক্ষণবিদকে তলিয়ে দেখতে হবে পরিচালনগত কোন ভুল বা দোষ আছে কিনা। একটি পাম্পের পরিচালন প্রকৃতি জানতে হলে তার লাইন ডায়গ্রাম, পাম্পের সাথে তার ভাল্বগুলির অবস্থান, প্রাইমিং পদ্ধতি ইত্যাদি বিষয়কে বুঝে নিতে হবে। সাধারনভাবে একটি পাম্প চালু করার সময় নিম্নলিখিত নিয়মগুলি পালন করতে হয়। এই সবগুলি নিয়ম যে সর্বক্ষেত্রে প্রযোজ্য হবে এমন নয়। পাম্প ও তার পরিচালন প্রকৃতি অনুসারে এইসব নিয়মের কম বেশী হতে পারে। ধাপ অনুসারে নিয়মগুলি দেয়া হল।

১। পাম্পের বিয়ারিং কাপে তেল আছে কিনা দেখা। যদি তেল প্রবাহের জন্য অক্জিলারী পাম্প থাকে তাহা চালিয়ে বিয়ারিং পর্যন্ত তেল যাচ্ছে কিনা দেখা।

২। পাম্পের বিয়ারিং, গ্ল্যান্ড পেকিং বা ম্যাকানিকাল সিলের জন্য যে শীতল

(cooling)করার লাইন থাকে তার ভাল্ব খুলে দেয়া। তা না থাকলে পাম্প চলার পর গ্ল্যান্ড পেকিং'এর স্টাফিং বক্সে হাত দিয়ে দেখা বেশী গরম হয়ে যাচ্ছে কিনা। গ্ল্যান্ডে পরিমিত লিক হচ্ছে কিনা দেখতে হবে।

৩। সাকসন গেইট ভাল্ব সম্পুর্ন খুলে দেয়া

৪। ডিসচার্জ গেইট ভাল্ব বন্ধ রাখা বা সামান্য পরিমান খুলে রাখা।

৫। ড্রেইন ভাল্ব খুলে দেয়া এবং কিছুক্ষন ড্রেইন হওয়ার পর বন্ধ করে দেয়া।

৬। পাম্পকে প্রাইমিং করা।

৭। যদি পাম্পকে গরম করার প্রয়োজন থাকে এবং সেই ধরনের ব্যবস্থা থাকে তবে ঐ লাইন খুলে গরম (warm up) করে নেয়া।

৮। পাম্পের কোন রি–সারকুলিটিং (recirculating) লাইন থাকলে তা খুলে দেয়া এবং পাম্প চালু হওয়ার পর তা বন্ধ করা

৯। পাম্পের চালক যন্ত্রটি চালান (start), সঠিক দিকে ঘুরছে কিনা দেখা এবং পুর্ন গতি পেয়েছে কিনা অনুভব করা।

১০। পাম্প পূর্ন গতিপ্রাপ্ত হওয়ার সাথে সাথে ডিসচার্জ ভাল্ব আস্তে আস্তে খুলে দেয়া অর্থাৎ পাম্পকে লোডিং করা। প্রথম থেকেই ডিসচার্জ ভাল্ব পূর্ন খুলা রাখলে চালক যন্ত্রটির উপর অত্যধিক লোড পরে যা ক্ষতিকর হয়।মটর হলে প্রাথমিক কারেন্ট অনেক বেশী নেয়।

পাম্প চালু হয়ে গেলে তার বিভিন্ন প্রেসার ও তাপমাত্রা ঠিক আছে কিনা দেখতে হবে এবং কিছু সময় অপেক্ষা করে দেখতে হবে পাম্প সঠিকভাবে চলছে কিনা। পাম্পকে কখনো খালি অবস্থায় চালান উচিৎ নয়। ডিসচার্জ ভাল্ব বন্ধ রেখেও বেশীক্ষণ চালান ঠিক নয়। এতে পাম্প উত্তপ্ত হয়ে গিয়ে নষ্ট হয়। যখন পানির প্রবাহ থাকে তখন তাহা তাপ বয়ে নিয়ে যায় এবং পাম্পকে শীতল রাখে।

পাম্প প্রাইমিং (pump priming)ঃ– পাম্প প্রাইমিং হল পাম্পকে চালাবার পূর্বে তরল পদার্থ বা পানি দ্বারা পূর্ন করা। এমন ভাবে পূর্ন করা যেন পাম্প ও তার সাকসান লাইন পানিতে ভর্তি হয়ে যায় এবং কোথাও বাতাস

আটকে না থাকে। বাতাস আটকে থাকলে সঠিকভাবে সাকসন হবে না এবং এয়ার লকের সৃষ্টি করবে। অর্থাৎ আটক বাতাস এমন একটা চাপ সৃষ্টি করবে যা সাকসন প্রবাহকে বাধা দিবে এবং কখনো কখনো বাতাস বুদবুদ আকারে পানির সাথে মিশে গিয়ে কেভিটেসনের সৃষ্টি করবে। সেজন্য পাম্পের সাকসন লাইন, ভাল্ব, গ্ল্যান্ড ইত্যাদিকে সিল বা টাইট অবস্থায় রাখতে হয় যেন চালু অবস্থায়ও বাতাস ভিতরে ঢুকতে না পারে। বাতাসকে নির্গত করার জন্য পাম্পের উপরের অংশে ভেন্ট লাইন বা কক দেয়া থাকে। পানি ভর্তি করার সময় ঐ লাইন খুলে দিতে হয়। প্রাইমিং শেষ হলে উহা বন্ধ করে দিতে হয়।

পাম্পকে প্রাইমিং করার নানা প্রকার পদ্ধতি অবলম্বন করা হয়ে থাকে। যদি সাকসনে পানির লেবেল পাম্পের উপরে থাকে তবে কোন সমস্যা নাই। সাকসন ভাল্ব খুলে দিয়ে সহজে প্রাইমিং করা যায়। যদি পানির লেবেল নীচে থাকে তবে পাম্প প্রাইমিং করার পানি কোথায় পাওয়া যাবে? সেক্ষেত্রে আলাদা লাইন থেকে পানির ব্যবস্থা করতে হবে। অথবা পানির ডিসচার্জ টেঙ্ক থেকে বা লাইন থেকে প্রাইমিং'এর জন্য একটি বাইপাস (by-pass) লাইন ভাল্ব সহ মওজুদ রাখতে হবে। প্রাইমিং করার সময় ঐ ভাল্ব খুলে দেয়া হয়। যদি ডিসচার্জ টেঙ্ক না থাকে তবে অনেক সময় প্রাইমিং'এর উদ্দেশ্যে আলাদা ছোট টেঙ্কের ব্যবস্থা করা থাকে যা পাম্প চলার সময় ডিসচার্জ লাইন থেকে পানি নিয়ে প্রতি বার পূর্ণ করে রাখা হয়। আরেকটি উল্লেখযোগ্য বিষয় হল এই যে সাকসন লাইনের শেষ প্রান্তে একটি ফুট ভাল্ব দেয়া থাকে যা নীচে পানির মধ্যে সর্বদা ডুবে থাকে, ইহা একটি চেক ভাল্বের মত কাজ করে। অর্থাৎ পাম্প একবার চলার পর বন্ধ করে দিলেও পাম্প ও সাকসন লাইনের পানি ঐ ভাল্বের জন্য নিষ্কাশিত হয়ে যেতে পারে না। পানিকে পরবর্তী সময়ের জন্য ধরে রাখে। ফলে প্রাইমিং এর আর অসুবিধা থাকে না। তবে এই ফুট ভাল্ব দিয়ে পানি চুইয়ে যাওয়ার সম্ভাবনা থাকে বলে কিছু না কিছু প্রাইমিং করার প্রয়োজন পড়ে। সাধারণ ছোট ও মাঝারী পানির পাম্পে এরূপ ব্যবস্থা থাকে। এতে দরকার মত আলাদা পাত্র দিয়ে পানি এনেও প্রাইমিং করা যায়।

কেভিটেসন (cavitation):- পাম্প চলার সময় তার সাকসন অঞ্চলে কোথাও চাপ বেশী কমে গেলে (local pressure drop) সেই শূন্যতা বাষ্পায়িত বুদবুদ দ্বারা পূর্ণ হয়। অর্থাৎ সেখানে ভেপারের বুদবুদ তেরী হয়। সাকসনে কোন ভাবে বাতাস ঢুকেও বুদবুদ তৈরী করে। এই বুদবুদ গুলি যখন

পাম্পের ডিসচার্জ অঞ্চলে যায় তখন পানির চাপে সংকুচিত হতে থাকে এবং একসময় ফেটে যায়। এই ফেটে যাওয়ার ফলে সেইস্থানে পানি ও বাষ্পের অত্যধিক গতির সঞ্চার হয় যা পাম্পের ইম্পেলার ও বডিতে তীর বেগে বিদ্ধ হয় এবং ক্ষতি করে। এই প্রক্রিয়াকে কেভিটেসন (cavitation) বলে। কেভিটেসন দেখা দিলে পাম্পের ভিতর শব্দ হয়, ডিসচার্জ প্রবাহ ও দক্ষতা কমে যায়,এবং কখনো কখনো কম্পন বেড়ে যায়। সাকসান হেড বা বায়ুর অনুপ্রবেশ বা প্রাইমিং'এর দোষে বেশীর ভাগ সময় কেভিটেসন হয়ে থাকে। তবে পাম্প ডিজাইনের ত্রুটির জন্যও কেভিটেসন হতে পারে। কোন কারণে পানির নির্ধারিত তাপমাত্রা বেড়ে গেলেও কেভিটেসন দেখা দিতে পারে। পাম্পের নির্ধারিত গতি বেড়ে গেলেও কেভিটেসন হতে পারে। পাম্পের ভ্রাইব্রেসন মাত্রা বেশী বেড়ে গেলেও কেভিটেসনের উৎপত্তি হতে পারে। যে কারণেই হউক না কেন কেভিটেসন দেখা দিলে পাম্প চালান ঠিক নয়। কেভিটেসনের কারণ নির্ণয় করে তা মুক্ত করা বাঞ্ছনীয়।

সেন্ট্রিফিউগাল পাম্প নবায়ণ
(Centrifugal pump overhauling)

পাম্পকে বিযোজন করে অর্থাৎ খুলে সমস্ত যন্ত্রাংশ পরীক্ষা করে,মেরামত করে এবং প্রয়োজনবোধে পরিবর্তন করে পুনরায় সংযোজন করাকেই পাম্প নবায়ন বা পাম্প ওভারহলিং বলে। সুতরাং নবায়নের প্রথম দাপই আসে পাম্পকে খুলে যন্ত্রাংশগুলিকে আলাদা করা। পাম্পটিকে কি ভাবে খুললে সুবিধা হবে তা প্রথমে নকসা ও পরে বাস্তব ক্ষেত্রে দেখে বুঝে নিতে হবে। কাজে হাত দেয়ার আগে পাম্পের মটরের বিদ্যুৎ সংযোগকে বিচ্ছিন্ন করতে হবে।অন্য প্রকার চালক যন্ত্র হলে তাকে স্টার্ট করার পথ রোধ করতে হবে। কেউ ভুলে যাতে চালাতে না পারে সেজন্য বিপদজনক (Danger) নোটিশ প্লেট লাগিয়ে দেয়া ভাল। প্রথমদিকেই কাপলিং খুলে দেয়া ভাল। অতপর পাম্পের সাথে সংযুক্ত অন্যান্য লাইন, পাইপ ইত্যাদি খুলে দিতে হবে। সবরকম সেন্ট্রিফিউগাল পাম্পের যন্ত্রাংশের মধ্যে যেমন মিল আছে তেমনি এর গঠন প্রকৃতি এবং বিযোজন পদ্ধতির মধ্যেও মিল আছে। তবে স্পিলিট (split) টাইপ হয় তবে তার বিযোজন একভাবে হয়। আর যদি বেরেল (barrel) টাইপ হয় তবে তার বিযোজন আরেক ভাবে হয়। সাধারণ কাজে ব্যবহৃত পাম্প স্পিলিট টাইপেরই হয়ে থাকে অর্থাৎ পাম্প কেইজিং উপরে নীচে দুইটি ভাগে বিভক্ত থাকে। এই পাম্পকে খোলা তুলনামুলক ভাবে সহজ। প্রথমে সাফটের প্রান্ত প্লেটটি (shaft end plate)

খুলতে হয়। তারপর বিয়ারিং হাউজিং যদি আলাদাভাবে থাকে তবে তার উপরের অংশ খুলে নিতে হয়। তারপর উপর নীচের অংশ সংযুক্তকারী বোল্টগুলি খুলে ফেলতে হয়। এখন কেইজিং'এর উপরের অর্ধাংশ (casing upper half) সুজা উপরের দিকে আস্তে আস্তে তুলে নিতে হবে। এই উত্তোলন কাজে চেইন পুলি ব্যবহার করা উচিৎ। ছোট পাম্প হলে হাতে তুলাও সম্ভব। এই অংশ উঠে গেলে ভিতরের সাফ্‌ট সহ রোটেটিং অংশ দেখা যাবে। এই রোটর অংশকে হাতে ঘুরিয়ে ঝাকি দিয়ে পরীক্ষা করতে হবে যে মুক্ত আছে কিনা। রোটরকে মুক্ত করে দুই দিক থেকে রশি দিয়ে বেঁধে ব্যালেন্স অবস্থায় উপরের দিকে ধীরে ধীরে পুলির মাধ্যমে তুলে নিতে হবে। যদি রোটর বড় হয় তাহলে তারের রোপ (wire rope) বা চেইন ব্যবহার করা যেতে পারে, কিন্ত বন্ধন স্থলে মোটা কেনভাস বা তামার সীট অথবা নরম গেসকেট দিয়ে নিতে হবে যেন সাফ্‌টে দাগ না বসে। সাফট অত্যধিক ভারী হলে ক্রেন ব্যবহার করতে হবে। সাফ্‌টকে তোলার সময় অত্যন্ত সতর্কতা অবলম্বন করতে হবে। অসাবধানতার ফলে সাফট বাঁকা হয়ে যেতে পারে এবং অন্যান্য যন্ত্রাংশেরও ক্ষতি হতে পারে। রোটার দুইদিক থেকে সমান ভাবে উঠেছে কিনা তা লেবেল গেজ দিয়ে অথবা ডায়াল ইন্ডিকেটর লাগিয়ে পরীক্ষা করে দেখা ভাল। প্রথম কয়েক মিলিমিটার উঠে গেলে আর তেমন ভয়ের কারণ থাকে না। রোটর বেরিয়ে গেলে তাকে একটি স্ট্যান্ডের উপর রেখে তার ইম্পেলার, স্লীভ এবং অন্যান্য অংশ সুবিধাজনক উপায়ে একটা একটা করে আলাদা করতে হবে।

যদি ব্যারেল টাইপ পাম্প হয় তাহলে ডিসচার্জ দিক থেকে প্রথমে থ্রাষ্ট বিয়ারিং এবং বিয়ারিং, পরে গ্ল্যান্ড পেকিং ও স্টাফিং বক্স বিযোজন করতে হবে। এইভাবে পিছন দিক থেকে বিযোজন করতে হবে। তারপর ডিসচার্জ হেড, ব্যালেন্সিং ড্রাম, স্লিভ খুলে নিতে হবে। এই সব খোলার সময় জেক বোল্ট, পুলার, নিউমেটিক রেঞ্চ ইত্যাদি ব্যবহার করা শ্রেয়। এরপর আস্তে আস্তে রোটরকে একদিক থেকে খুলে আনতে হবে। যদি পাম্পটির ইম্পেলার ও কেইজিং খন্ড খন্ড ধরনের হয় তবে ধাপে ধাপে একটি একটি করে স্টেজ খুলে নিতে হবে।

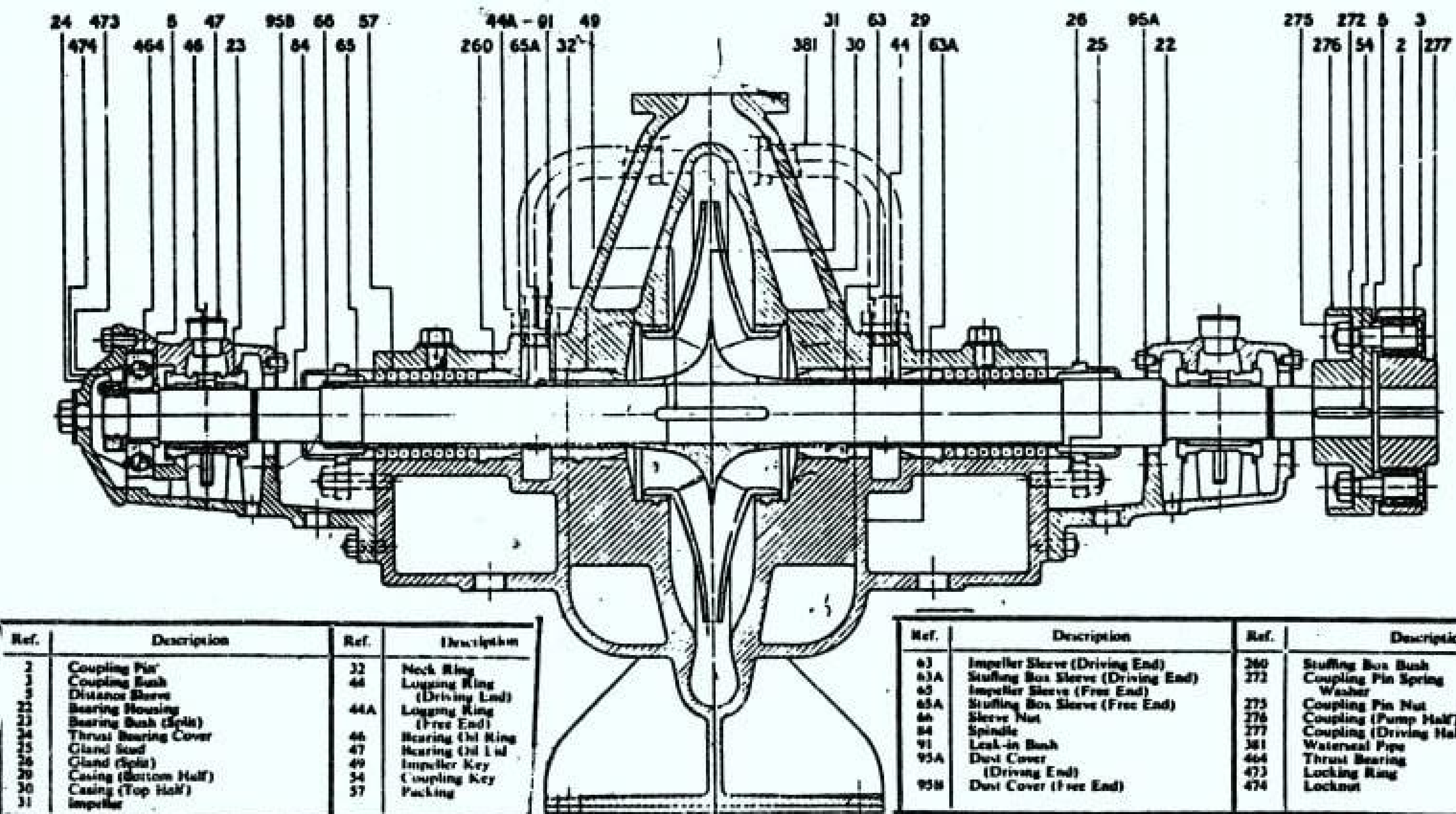
পাম্পের যন্ত্রাংশগুলিকে মোটামুটি দুইভাগে ভাগ করা যায়। প্রথম ভাগে ধরা যায় স্থবির যন্ত্রাংশ (stationary parts) যথা কেইজিং, বিয়ারিং হাউজিং; সকসান হেড কভার, ডিসচার্জ হেড কভার, প্যকিং, ওয়েরিং রিং, ব্রাসলেট ইত্যাদি। দ্বিতীয়

ভাগে থাকে ঘূর্ণায়মান যন্ত্রাংশ (rotating parts); যথা ইম্পেলার, সাফট, সাফট স্লীভ, ওয়েরিং রিং, বিয়ারিং ইত্যাদি। বেশীর ভাগ যন্ত্র সংরক্ষণ কাজ ঘূর্ণায়মান যন্ত্রাংশগুলির উপরই করতে হয়। কোন্ কোন্ যন্ত্রাংশ কোন্ ভাগে পড়ে এবং কোনটা কোথায় অবস্থান করে তা পাম্পের ড্রয়িং দেখে পরিষ্কার বুঝা যায়। প্রস্তুতকারক নক্সার প্রত্যেকটি যন্ত্রাংশের নাম ও রেফারেন্স পার্ট নাম্বার (reference part number) দিয়ে থাকে। এই নকসা ওভারহলিং কাজে ব্যবহার করা হয়ে থাকে। এ থেকে যন্ত্রাংশের আকার, প্রকৃতি, অবস্থান এবং কোন্ কোন্ যন্ত্রাংশ নষ্ট ও ক্ষয় হওয়ার সম্ভাবনা আছে তা অনুমান্ করা যায়। এই নকসা অনুযায়ী প্রস্তুতকারকের নিকট যন্ত্রাংশের জন্য অর্ডার দেয়া সহজ হয়। পরের পৃষ্ঠায় এইরূপ একটি নকসা নমুনা হিসাবে দেখান হলঃ

নকসার প্রদত্ত যন্ত্রাংশগুলির সম্পূর্ণ ব্যাখ্যা দেয়া প্রয়োজন বোধ করছি না। অনুরূপ যন্ত্রাংশ সম্পর্কে পূর্ববর্তী অধ্যায়গুলিতে এবং এই অধ্যায়ের প্রথমদিকে বিশদ আলোচনা করা হয়েছে। যেমন বিয়ারিং, পেকিং গ্ল্যান্ড, গেসকেট, কাপলিং, লুব্রিকেশন, সিলিং ইত্যাদি। এখন নবায়নের সাথে সংযুক্ত বাকী কিছু গুরুত্বপূর্ণ যন্ত্রাংশের সংরক্ষণ বিষয়ক সংক্ষিপ্ত ব্যাখ্যা দিব।

সাফ্ট (Shaft) ঃ- সাফ্ট রোটরকে খুলে আনার আগে বিয়ারিং'এ আবদ্ধ থাকা অবস্থায় সাফ্টের রান আউট (run out) রিডিং নেয়া উচিৎ। কেইজিং' এর উপর ডায়াল গেজ বসিয়ে সাফ্টকে ঘুরিয়ে ঘুরিয়ে ডায়াল ইন্ডিকেটর রিডিং নিতে হবে। এই রিডিং সাফ্টের দুই প্রান্তে, মাঝে, সাফট স্লিভের মধ্যে, প্রত্যেক ইম্পেলারের হাব এবং ওয়েরিং'এর উপর নেয়া উচিৎ। রান আউট রিডিং যদি ০'০৪ মিমি বা ০'০০১৫ ইঞ্চির বেশী হয় তাহলে দেখতে হবে কোথাও ঘষা খাচ্ছে কিনা, আল আছে কিনা, স্লিভ লুজ আছে কিনা ইত্যাদি। যদি সব ঠিক থাকে এবং রিডিং বেশী হয় তাহলে বুঝতে হবে সাফ্ট বাঁকা হয়ে গেছে। রোটরকে বাইরে এনে লেদ মেসিনে বসিয়েও রান আউট পরীক্ষা করা যায়। যদি এইরূপ ত্রুটি পাওয়া যায় তাহলে ইম্পেলার, স্লিভ ইত্যাদি খুলে নেয়ার পর সাফ্টকে লেদ মেসিনে বসিয়ে তার সঠিকতা (Trueness) যাচাই করতে হবে।

Single Stage Split Casing Extraction Pump.



Ref.	Description	Ref.	Description
2	Coupling Pin	32	Neck Ring
3	Coupling Bush	44	Logging Ring (Driving End)
5	Distance Sleeve	44A	Logging Ring (Free End)
22	Bearing Housing	46	Bearing Oil Ring
23	Bearing Bush (Split)	47	Bearing Oil Lid
24	Thrust Bearing Cover	49	Impeller Key
25	Gland Stud	54	Coupling Key
26	Gland (Split)	57	Packing
29	Casing (Bottom Half)		
30	Casing (Top Half)		
31	Impeller		

Ref.	Description	Ref.	Description
63	Impeller Sleeve (Driving End)	260	Stuffing Box Bush
63A	Stuffing Box Sleeve (Driving End)	272	Coupling Pin Spring Washer
65	Impeller Sleeve (Free End)	275	Coupling Pin Nut
65A	Stuffing Box Sleeve (Free End)	276	Coupling (Pump Half)
66	Sleeve Nut	277	Coupling (Driving Half)
84	Spindle	381	Waterseal Pipe
91	Leak-in Bush	464	Thrust Bearing
95A	Dust Cover (Driving End)	473	Locking Ring
95B	Dust Cover (Free End)	474	Locknut

SCHEDULE OF PARTS

চিত্র নং-১০২, যন্ত্রাংশের অবস্থান প্রদর্শন সহ একটি পাম্পের সেকসনাল ড্রয়িং।

সাফ্‌ট বেশী বাঁকা হয়ে গেলে তা বদলিয়ে দিতে হবে এবং পুরাতন সাফ্‌ট প্রস্তুতকারকের নিকট সঠিককরণের জন্য পাঠিয়ে দেয়া যেতে পারে। যদি বাঁকা হয়ে যাওয়ার মাত্রা কম হয় এবং নতুন সাফ্‌ট না থাকে তবে তাকে সোজা করার চেষ্টা করা যেতে পারে। তবে এই ধরনের কাজে পূর্ব অভিজ্ঞতা থাকা প্রয়োজন, নতুবা সাফ্‌টি অকেজো হয়ে যাওয়ার সম্ভাবনা আছে। সাফ্‌টকে সোজা করার কয়েকটি পদ্ধতি এখানে বলা হলঃ

ক) সাফ্‌টকে প্রেস মেসিনের বেডে V-ব্লক অথবা V-রোলার এর উপর রেখে যেখানে বাঁকা হয়েছে অর্থাৎ ধনুক আকৃতির উপরের দিকে ধীরে ধীরে চাপ প্রয়োগ করতে হবে। চাপ প্রয়োগ করার সময় ডায়াল ইন্ডিকেটর ঐ স্থানে অথবা নিকটবর্তী স্থানে লাগিয়ে রাখতে হবে যেন কতটুকু সোজা হল বুঝা যায়। অতপর এর সঠিকতা আবার পরীক্ষা করে দেখতে হবে। যদি পুরাপুরি সোজা না হয়ে থাকে তবে পুনঃপুনঃ ঐ পদ্ধতিতে চাপ প্রয়োগ করতে হবে যতক্ষন না সঠিকতায় আসে। এইভাবে সোজা করার পর সাফ্‌টকে কোন হিটিং চেম্বারে রেখে ১০০–২০০°C পর্যন্ত তাপমাত্রায় নরমালাইজিং করা ভাল। হিটিং চেম্বার না থাকলে সাফ্‌টকে লেদ মেসিনে বেধে অথবা রোলারের উপর রেখে ঘুরিয়ে ঘুরিয়ে গ্যাস বার্নার বা হিটিং টর্চ দিয়ে সমভাবে উত্তপ্ত করে ইনসুলেটিং মেটিরিয়েল অথবা এসবেসটস কাপড় দিয়ে পেচিয়ে ঢেকে রাখতে হবে যেন দীর্ঘ সময়ে ঠান্ডা হয়।

খ) সাফ্‌ট দেড় বা দুই ইঞ্চির বেশী ব্যাসের হলে উপরের পদ্ধতিতে ঠান্ডা অবস্থায় সোজা করা সহজ নয় ।সেজন্য সাফ্‌টকে ২০০–৪০০°C পর্যন্ত তাপমাত্রায় সমভাবে উত্তপ্ত করে নির্দিষ্ট স্থানে আগের মত চাপ প্রয়োগ করে সোজা করতে হবে এবং পরে নরমালাইজিং করতে হবে।

গ) অনেক সময় একটি সাফ্‌টের দুই বা ততোধিক স্থানে অসমভাবে বাঁকা হতে দেখা যায়। যদি এই বাঁকা হওয়ার মাত্রা খুব কম হয় অর্থাৎ রান আউট ০·১৫ মিঃমিঃ মত হয় তাহলে সাফ্‌টকে লেদ মেসিনে বেঁধে ৫০০–৬০০°C পর্যন্ত সমভাবে চারিদিকে উত্তপ্ত করে অনেকক্ষণ যাবৎ

ঘুরন্ত অবস্থায় ঠান্ডা করলে সাফট সঠিক হয়ে যেতে পারে। এই পদ্ধতির জন্য হিটিং কয়েল দিয়ে সাফ্টকে উত্তপ্ত করলে ভাল ফল পাওয়া যায়।

ঘ) আরেক পদ্ধতিতে সাফ্টকে কখনো কখনো সোজা করা হয়ে থাকে। এই পদ্ধতিতে যে কোন সাফ্ট তার ইম্পেলার, গিয়ার অথবা ব্লেডকে বিযোজন না করেও করা যায়। সাফ্টের যে অংশটুকু বাঁকা আছে তাকে এসবেসটস কাপড় দিয়ে জড়িয়ে ধনুক আকৃতির উপরের অংশ হতে এসবেসটস কেটে নিতে হবে। অতপর ঐ স্থান দিয়ে বার্নারের সাহায্যে ৫০০–৫৫০°C পর্যন্ত উত্তপ্ত করে স্থানটিকে সাথে সাথে এসবেসটস দিয়ে ঢেকে দিতে হবে। ঠান্ডা হওয়ার সময় সাফ্টকে আস্তে আস্তে ঘুরান ভাল। এই পদ্ধতিতে ০·৫–১ মিঃমিঃ পর্যন্ত বাঁকা সাফ্টও সোজা করা যায়। সোজা করার পর সম্পূর্ন সাফটকে ৫০০°C তাপমাত্রায় এনেলিং করা শ্রেয়।

অনেক সময় সাফ্টের কোন কোন অংশ বিশেষ করে গ্ল্যান্ড পেকিং অংশ ক্ষয় হয়ে যায় এবং করোসনের ফলে খাদ সৃষ্টি হয়। এইরূপ ত্রুটি থাকলে সাফ্টকে মেটাল স্প্রে পদ্ধতিতে কোন ভাল ওয়ার্কসপ থেকে মেরামত করে নেয়া উত্তম। সাধারণভাবে ওয়েল্ডিং'এর দ্বারাও এই ধরনের মেরামত কাজ হয়ে থাকে। সাফ্টকে লেদ মেসিনে তুলে ক্রটিপূর্ণ অংশটুকু মেসিনে করে নিতে হয়। অতপর ছোট ছোট ওয়েল্ডিং বিড দিয়ে বরাবর ক্ষানিকটা দূরত্ব ওয়েল্ডিং করে সাফ্টকে ১৮০° ঘুরিয়ে অর্থাৎ বিপরীত দিকে আবার সমপরিমান ওয়েল্ডিং করতে হয়। এইভাবে ঘুরিয়ে ঘুরিয়ে একটি একটি করে ওয়েলিডং লাইন তৈরী করে সবটুকু অংশ মেরামত করতে হয়। যদি সাফ্ট ২ ইঞ্চি ব্যাসের বেশী হয় তাহলে ৯০° পরিমান ঘুরিয়ে ঘুরিয়ে ওয়েল্ডিং করা উচিৎ। ওয়েল্ডিং কাজ করার সময় সাফ্ট যেন বেশী উত্তপ্ত না হয়ে যায় লক্ষ্য রাখতে হবে। অর্থাৎ অল্প অল্প করে সময় নিয়ে ওয়েল্ডিং কাজ সমাধা করতে হবে। ওয়েল্ডিং কাজ হয়ে গেলে ঐ অংশটুকু মেসিন করে সাফ্টকে এনেলিং বা নরমালাইজিং করে নেয়া উত্তম।

ইম্পেলার ঃ– সাফ্ট থেকে ইম্পেলারকে বের করার সময় সাবধানতা অবলম্বন করতে হবে। যদি ইম্পেলার সাফ্টের উপর সেট–স্ক্রু বা চাবি দ্বারা আবদ্ধ থাকে তবে তাকে খোলে আনা সহজ। কিন্তু যদি ইম্পেলার সাফ্টের উপর

স্রিঙ্ক ফিট (shrink) থাকে তবে তাতে তাপ প্রয়োগ করা প্রয়োজন হয়। তাপ প্রয়োগের সময় সাফ্‌টের খোলা অংশটুকুতে এসবেসটস কাপড় দিয়ে জড়িয়ে নিলে ভাল। টর্চের সাহায্যে তাপ দেয়ার সময় প্রথম স্রাউডের (Shroud) বাহির দিক থেকে শুরু করে হাবের (Hub) উপর অংশে চারিদিকে সমান ভাবে তাপ প্রয়োগ করতে হবে। ইম্পেলার যখন একটু লুজ হয়েছে মনে হবে তখন তাপ প্রয়োগ বন্ধ করে তাড়াতাড়ি করে সাফ্‌টকে খুলে আনতে হবে। সাফ্‌ট থেকে ইম্পেলার খোলার সময় কখনো অতিরিক্ত শক্তি প্রযোগ বা টানা হেছড়া করা উচিৎ নয়। তবে পুলার বা টাইরড ব্যবহার করা যেতে পারে। যদি ইম্পেলার সেট–স্ক্রু দিয়ে আটকান থাকে তবে তাকে প্রথমে খুলে ফেলতে হবে। ইম্পেলার খোলার সময় সাফ্‌টকে সর্বদা উত্তম ভাবে পরিষ্কার পরিচ্ছন্ন করে নিতে হবে। কোথাও দাগ বা আল থাকলে তা ফাইল করে সমান করে নিতে হবে। চিকন শিরিষ কাপড় দিয়ে সাফ্‌টকে ঘষে পরিষ্কার করা দরকার হয়। পরিষ্কার করার পর সাফটের গায়ে হালকা করে গ্রীজ বা লুব্রিকেটিং তেলের প্রলেপ লাগিয়ে দেয়া ভাল। মাঝ পথে সাফট কোথাও আটকে গেলে, আর অগ্রসর না হলে এর কারণ লক্ষ্য করতে হবে। প্রয়োজনে আবার পিছিয়ে নিয়ে ঐ স্থান ফাইল বা শিরিষ কাপড় দিয়ে ঘষে নিতে হবে।

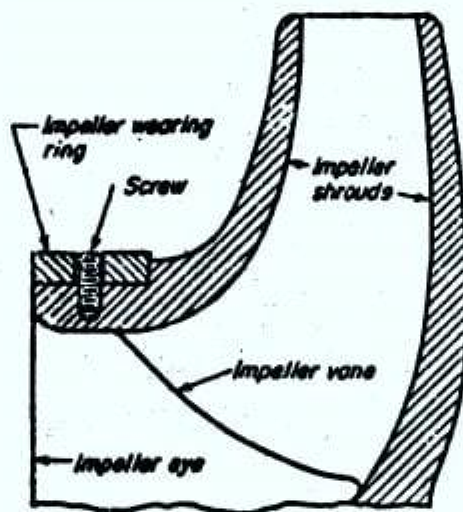
ইম্পেলার খুলে আনার পর প্রথম কাজ হবে এর সাকসান মুখ,পাখা (Vanes), স্রাউড (shroud), হাব (hub), ওয়েরিং রিং (wearing ring) ও নির্গম পথ সমূহ (passages) পরীক্ষা করে দেখা। অনেক সময় দেখা যায় যে করোসন,কেভিটেসন বা ইরোসনের (erosion) কারণে ইম্পেলার যথেষ্ট ক্ষয় হয়ে যায় বা খাদের সৃষ্টি হয়। কোন কোন সময় ছিদ্রও হয়ে যায়। ইম্পেলারের মেরামত কাজ করার আগে তাকে নরম তারের ব্রাস বা মোটা শিরিষ কাপড় দিয়ে পরিষ্কার করে নিতে হবে। যদি শক্ত স্কেলিং scaling) থাকে তবে স্যান্ড ব্লাষ্টিং (Sand blasting) বা রাসায়নিক (Chemical) পদ্ধতিতে পরিষ্কার করতে হবে। পরিষ্কার হওয়ার পর পুনরায় বিভিন্ন অংশ পরীক্ষা করতে হবে এবং কোথায় কতটুকু পুরুত্ব আছে মেপে দেখতে হবে। যদি ক্ষয় বা ত্রুটির মাত্রা বেশী হয় তাহলে ইম্পেলার পরিবর্তন করা উচিৎ। যদি কোন একস্থান ক্ষয় হয় বা কোথাও ছিদ্র হয়ে যায় তবে তাকে ওয়েল্ডিং বা ব্রেজিং করে মেরামত করতে হবে। যদি সবদিকে প্রায় সমান পরিমান ক্ষয় হয়ে থাকে তবে তাকে মেটাল স্প্রে বা প্লাষ্টিক অথবা অন্য কোন বিশেষ পদার্থ দ্বারা কোটিং (coating)

করে দিতে হবে। ইম্পেলার মেরামত বা কোটিং করার পর অথবা বিভিন্ন স্থানে সামান্য ক্ষয় হয়েছে এমন দেখলে ইম্পেলারকে ব্যালেন্সিং করতে হবে। ইম্পেলার ব্যালেন্সিং'এর অভাবে পাম্পে কম্পন সৃষ্টি হয়। যদি অভারহলিং এর আগে কম্পন দোষ থাকে তবে ইম্পেলারকে অবশ্যই বেলেন্সিং করে নিতে হবে। শুধু ইম্পেলারকে ব্যালেন্সিং যন্ত্রে আলাদা ব্যালেন্সিং করা যায়। আর তা না হলে সাফট সহ ষ্টেটিক বা ডায়নামিক পদ্ধতিতে ইম্পেলারকে যতটা সম্ভব ব্যালেন্সিং করে নিতে হবে। ব্যালেন্সিং করার পদ্ধতি সম্পর্কে কম্পন অধ্যায়ে ব্যাখ্যা করা হয়েছে। সমাধানের জন্য ঐ অধ্যায় পড়ে দেখার জন্য পাঠকবর্গকে অনুরোধ করব।

ওয়েরিং রিং (wearing ring) :– পাম্প দীর্ঘ দিন চলার ফলে ওয়েররিং রিং ক্ষয় হয়ে যাওয়া এবং ক্লিয়ারেন্স বেড়ে যাওয়া স্বাভাবিক। ওয়েরিং রিং যদি কেজিংএর সাথে থাকে তবে তাকে কেইজিং ওয়েররিং রিং বলে। যদি ইম্পেলারের সাথে থাকে তবে তাকে ইম্পেলার ওয়েরিং বলে। আবার উভয়ের মধ্যে এই রিং থাকতে পারে। ইম্পেলার ডায়ামিটার অনুসারে ওয়েরিং রিং ক্লিয়ারেন্স হয়ে থাকে। যদি ব্যাস বেশী হয় তবে ক্লিয়ারেন্স মাত্রাও বেশী হবে। এই ক্লিয়ারেন্স সাধারনত ০·০১৫ইঞ্চি হতে ০·০৩ ইঞ্চি পর্যন্ত হয়ে থাকে। কোন কোন প্রস্তুতকারকের মতে প্রতি ইঞ্চি ব্যাসের জন্য ০·০০৩ ইঞ্চি ক্লিয়ারেন্স, এই অনুপাতে হিসাব ধরে যা হবে তার চেয়ে বেশী হলে গ্রহনযোগ্য নয়। ইম্পেলার সাফ্‌ট ও 'কেইজিং'এর মধ্যে থাকা অবস্থায় ফিলার গেজ দিয়ে ক্লিয়ারেন্স মেপে নিতে হয়। যদি ফিলার গেজ দিয়ে মাপা অসুবিধা হয় তবে ডায়াল ইন্ডিকেটরের সাহায্যে সুবিধাজনক উপায়ে ক্লিয়ারেন্স মাপা সম্ভব। কেইজিং ওয়েরিং রিং স্ক্রু,পিন, থ্রেড বা ওয়েল্ডিং স্পট দ্বারা আটকানো থাকে। ইম্পেলার ওয়েরিং রিং স্ক্রু,থ্রেড বা স্রিঙ্ক ফিট দ্বারা হাবের উপর বস্যানো হয়। ২·৫–৬ ইঞ্চি পর্যন্ত ব্যাসের জন্য এই ইন্টারফিয়ারেন্স মাত্রা ০·০০১ –০·০০১৫ ইঞ্চি এবং ১২ ইঞ্চি পর্যন্ত ব্যাস হলে ০·০০২৫ ইঞ্চি পর্যন্ত হয়ে থাকে।স্রিঙ্ক ফিট হলেবাস্রিঙ্ক ফিট অবস্থায় থাকলে ওয়েরিং রিংকে তাপ প্রয়োগ করে খুলেতে হবে। অথবা ইম্পেলার মুখের ভিতরের দিকে কিছু বরফের টুকরা রেখে দিয়ে সাথে সাথে রিং খুলার চেষ্টা করলে কাজ হয়। আবার অনুরূপ পদ্ধতিতে ওয়েরিং রিংকে যথাস্থানে বসাতে হয়। নির্দিষ্ট মাত্রা থেকে বেশী ক্ষয় হলে এবং ক্লিয়ারেন্স বেড়ে গেলে ওয়েরিং রিং পরিবর্তন করে দিতে হবে। নতুবা পাম্পের কার্য্য ক্ষমতা

সঠিক পাওয়া যাবে না। উচ্চ চাপ সম্পন্ন পাম্পের জন্য ক্লিয়ারেন্স ০·০১ ইঞ্চির মত বেড়ে গেলে রিং পরিবর্তনযোগ্য। সাধারণ পাম্পের জন্য আরো বেশী মাত্রা গ্রহনযোগ্য।

যদি কেজিং এবং ইম্পেলার উভয়ের মধ্যে রিং থাকে তবে যে কোন একটি পরিবর্তন করলেও চলতে পারে। যেমন অভারসাইজ ইম্পেলার ওয়েরিং রিং নিয়ে তাকে বসিয়ে দিলে ক্লিয়ারেন্স যথেষ্ট কমে যাবে। প্রযোজন বোধে মেসিনিং করে সঠিক মাপে আনা যায়। এইভাবে শুধু কেজিং ওয়েরিং রিং বদলিয়ে দিলেও চলে। আর যদি মেসিনিং করা বা পরিমাপ করার সুবিধা না থাকে তবে নির্ধারিত নূতন রিং উভয় স্থানে ব্যবহার করতে হবে। ইম্পেলারের উপর কিভাবে ওয়েরিং রিং বসান থাকে তার একটি নমুনা নীচে দেয়া হলঃ



চিত্র নং—১০৩, ইম্পেলার এবং ওয়েরিং রিং'এর নমুনা চিত্র।

কেজিং (casing)ঃ— পাম্প কেইজিংকে পরিষ্কার পরিচ্ছন্ন করে নিয়ে পরীক্ষা করে দেখতে হবে। পানি বহনকারী পথ ও ছিদ্রপথগুলির অবস্থা কি তাহা ভালভাবে লক্ষ্য করতে হবে।পানির সাথে ধারাল পদার্থ,ময়লা বা বালি এলে কেজিং ও পথগুলি বেশী ক্ষয় হয়। এই ধরনের অবস্থা দেখা দিলে সাকসান লাইনে অবশ্যই জালি বা স্ট্রেইনার (strainer) ব্যবহার করতে হবে। যদি জালি থেকে থাকে তবে তার মেস (mesh) সঠিক কিনা বা জালির অবস্থা ভাল আছে

কিনা দেখা দরকার। যা হউক কেজিং'এর পথ বা খাদগুলি বেশী ক্ষয় হয়ে থাকলে মেটাল স্প্রে করে বা কোন বিশেষ পুটির কোটিং দিয়ে ঠিক করতে হবে। নষ্টের পরিমাণ বেশী হলে ওয়েল্ডিং করেও ঠিক করা যায়।

স্প্লিট পাম্পের অর্ধাংশের সমতল অংশদ্বয় কেরোসিন বা থিনার দিয়ে মুছে পরিচ্ছন্ন করতে হবে। যদি সমতলে (surface) কোন দাগ বা আচড় থাকে তবে তা ইমারী ক্লথ বা গ্রাইন্ডিং স্টোন দিয়ে আস্তে আস্তে ঘষে সমান করে নিতে হবে। এই তলে সাধারণত গেসকেট ব্যবহার করা হয়। অভারহলিং করার সময় সব প্রকার গেসকেট, O-রিং এবং পেকিং পরিবর্তন করে দেয়া উচিৎ। গেসকেট বসাবার সময় বোল্টের ছিদ্র বরাবর ঠিকভাবে বসছে কিনা লক্ষ্য রাখতে হবে। গেসকেটের ধারগুলিতে যেন কোন প্রকার আল না থাকে। কেজিং বোল্ট টাইট করার সময় প্রথমে ডিসচার্জ দিকের অংশ থেকে শুরু করে উভয় দিকে একে একে টাইট দেয়া উত্তম ।প্রথমে সব বোল্টগুলিকে সামান্য হাত টাইট করে সিকোয়েন্স (sequence) অনুসারে দুইবার বা তিনবার পূর্ণ টাইট করতে হয়।

সেন্ট্রিফিউগাল পাম্প মেরামত

(Repair of centrifugal pump)

পাম্প চলার সময় মাঝে মধ্যে কিছু না কিছু ত্রুটি দেখা দেয় ; সেটা পাম্প নূতন অবস্থায় হউক, পুরাতন হউক বা নাবয়ন করার পরেই হউক। তবে প্রথমে একবার ভালভাবে যন্ত্র বসিয়ে পরীক্ষা নিরীক্ষা করে নিলে ক্রটির মাত্রা অনেক কম আসে এবং বড় ধরনের ত্রুটি কদাচিৎ হয়ে থাকে। যে কাজে যে ধরনের পাম্প,যে পদার্থের পাম্প, যে আয়তনের পাম্প ব্যবহার হওয়া উচিৎ ;যদি সেইভাবে নির্বাচিত না হয় তাহলে ত্রুটির মাত্রা বেশী আসা এবং শীঘ্র বড় রকমের ত্রুটির সম্মুখীন হওয়া স্বাভাবিক। পাম্প সংস্থাপন (installtion) সঠিকভাবে না করা হলেও ঘন ঘন ক্রটি দেখা দেয়। ভুল পরিচালনার জন্যও পাম্পে ত্রুটি দেখা দেয় তবে এর ফলে বড় ধরনের ত্রুটি আসতে সময় লাগে। পাম্পে ত্রুটি দেখা দিলে তা যতটা সম্ভব তাড়াতাড়ি সেরে ফেলা ভাল। কারণ এক ত্রুটি হতে অন্য ত্রুটির সৃষ্টি হতে পারে। ত্রুটি দেখা দিলে তার কারণ নিরূপন করে মেরামত করা উচিৎ। মেরামত কাজে নিজের বুদ্ধি বিবেচনা খাটিয়ে এবং কারিগরি নিয়ম অনুসরন করে কাজ করলে ভাল ফল পাওয়া যায়। যেমন তেমন

ভাবে তাড়াহুড়া করে মেরামত করলে তা বেশী দিন টিকে না।

মেরামত পদ্ধতি সম্পর্কে পূর্বের অধ্যায়গুলিতে এবং এই অধ্যয়েও বিভিন্ন বিষয়ে আলোচনা করেছি। এখানে কারণ অনুসারে কি মেরামত প্রয়োজন তার সংক্ষিপ্ত নির্দেশ দেয়া হয়েছে।

সেন্ট্রিফিউগাল পাম্প হরাইজন্টাল হউক কি ভারটিকার হউক, সিঙ্গেল ষ্টেজ হউক কি মাল্টি ষ্টেজ হউক, স্প্লিট টাইপ হউক কি ব্যারেল টাইপ হউক ; সর্বক্ষেত্রে ত্রুটির ধরন এবং কারণ সমূহ প্রায় একই। নিম্নে সাধারণ ভাবে সেন্ট্রিফিউগাল পাম্পের ত্রুটি, তার সম্ভাব্য কারণ এবং সঠিককরণ সম্পর্কে তালিকা দেয়া হলঃ

১। ত্রুটি ঃ পাম্প তরল পদার্থ সরবরাহ করছে না।

কারণ	সঠিককরণ
ক) রোটর উল্টা দিকে ঘুরছে	ক) মটরের বৈদ্যুতিক সংযোগে ত্রুটি আছে অর্থাৎ ফেইজ পরিবর্তন দরকার।
খ) প্রাইমিং'এর অভাব	খ) সঠিকভাবে প্রাইমিং করা
গ) রোটরের গতি খুব কম	গ) চালক যন্ত্রে ত্রুটি আছে যা ঠিক করা দরকার
ঘ) ডিসচার্জ হেড অত্যন্ত বেশী	ঘ) ডিসচার্জ হেড কমাতে হবে
ঙ) সাকসান লিফ্‌ট অত্যন্ত বেশী	ঙ) সাকসান লিফ্‌ট কমাবার ব্যবস্থা করতে হবে
চ) NPSH যথেষ্ট নয়	চ) সাকসান ষ্টেটিক হেড বাড়াতে হবে
ছ) সাকসান বা ডেলিভারী লাইন বন্ধ	ছ) ভাল্ব বন্ধ আছে কিনা দেখতে হবে অথবা লাইন চোক্‌ড হয়ে থাকলে পরিষ্কার করে দিতে হবে।

২। ত্রুটিঃ পাম্পের সরবরাহ তুলনামুলক কম

কারণ	সঠিককরণ
ক) সাকসান পাইপে কোথাও বাতাস ঢুকছে	ক) সাকসান পাইপে কোন ছিদ্র আছে কিনা দেখতে হবে। কোন ফ্ল্যাঞ্জের গ্যাসকেট দিয়ে বাতাস টানতে পারে। অগ্নি শিখা দিয়ে পরীক্ষা করলে বাতাস টানছে কিনা বুঝা যায়।
খ) গ্ল্যান্ড দিয়ে বাতাস ঢুকে এয়ার লকের সৃষ্টি করছে	খ) গ্ল্যান্ড টাইট করতে হবে ও এর সিলিং পানির পরিমাণ বাড়াতে হবে।
গ) পাম্পের ঘুর্ণন গতি তুলনা মুলক কম	গ) মটরের বা চালক যন্ত্রের ত্রুটি দুর করতে হবে।
ঘ) পাম্পের ইম্পেলার আংশিকভাবে বন্ধ	ঘ) ইম্পেলারের পথ পরিষ্কার করে দিতে হবে।
ঙ) ওয়েরিং রিং ক্ষয় হয়ে গিয়েছে	ঙ) ওয়েরিং রিং পরিবর্তন প্রয়োজন।
চ) সাকসান পাইপ পূর্ণ ডুবান নাই।	চ) পাইপকে পূর্ণ ডুবাতে হবে।

৩। ত্রুটিঃ পাম্প ডিসচার্জ প্রেসার কম

কারণ	সঠিককরণ
ক) রোটর ঘুর্ণন গতি কম	ক) পাম্প ডিজাইন অনুসারে চালক যন্ত্রের ঘুর্ণন নিশ্চিত করতে হবে।
খ) সাকসানে কোথাও বাতাস ঢুকছে	খ) বাতাস ঢুকার পথ রুদ্ধ করতে হবে।

ঘ) পেকিং'এর মান খারাপ	ঘ) সঠিক মানের পেকিং ব্যবহার করতে হবে।
ঙ) পেকিং সংস্থাপন ত্রুটিপূর্ন	ঙ) পেকিং খুলে নূতন ভাবে সংস্থাপন করতেহবে।
চ) পাম্প রোটরে কম্পন বেশী	চ) কম্পন মাত্রা কমাবার ব্যবস্থা গ্রহণ করতে হবে। রোটর ব্যালেন্সিং করতে হবে।

৬। পাম্প বিয়ারিং তাড়াতাড়ি নষ্ট হয়ে যায়।

কারণ	সঠিককরণ
ক) বিয়ারিং লুব্রিকেসন অপর্যাপ্ত বা গ্রীজ নিয়মিত দেয়া হয় না।	ক) তেলের প্রবাহ বাড়াতে হবে বা তেলের আধাঁর এবং পাইপ লাইন পরিষ্কার করা প্রয়োজন। নিয়মিত গ্রিজিং করতে হবে।
খ) তেলের কোলিং অপর্যাপ্ত	খ) কোলিং প্রবাহ বাড়াতে হবে বা লাইন বন্ধ আছে কিনা দেখে পরিষ্কার করতে হবে।
গ) পাম্পের এলাইনমেন্ট ঠিক নাই	গ) এলাইনমেন্ট সঠিক করা প্রয়োজন।
ঘ) পাম্প সাফ্‌ট বাঁকা হয়ে গেছে	ঘ) সাফ্‌ট পরিবর্তন করতে হবে বা সোজা করতে হবে।

৭। পাম্প চলার সময় অপ্রয়োজনী শব্দ (noise) সহকারে চলে।

কারণ	সঠিককরণ
ক) কেভিটেসন হয়	ক) পাম্পের সাকসান হেড সঠিক করতে হবে। পাম্প আরো নীচে নামিয়ে দেখা যেতে পারে। তরল পদার্থের তাপমাত্রা কমানো সম্ভব হলে তা করতে হবে।
খ) ডিসচার্জ পাইপে প্রবাহ গতি বেশী	খ) পাইপের সাইজ বাড়াতে হবে।
গ) পাম্পের কম্পন বেশী	গ) কম্পনে মাত্রা পরীক্ষা করে দেখতে হবে এবং তা কমাতে হবে।
ঘ) চালক যন্ত্রে ত্রুটির কারণে শব্দ হচ্ছে।	ঘ) চালক যন্ত্র সঠিক করতে হবে।

৮। পাম্পের কম্পন বেশী

কারণ	সঠিককরণ
ক) রোটর সাফ্‌ট বাঁকা হয়ে গেছে।	ক) পরীক্ষা করে দেখতে হবে এবং এমন হলে সাফট পরিবর্তন বা সঠিক করতে হবে।
খ) পাম্পের এলাইনমেন্ট ঠিক নেই।	খ) এলাইনমেন্ট চেক করতে হবে এবং সঠিক করতে হবে।
গ) ইম্পেলার বা রোটরের ব্যালেন্সিং ঠিক নেই।	গ) বাইব্রেসন এনালাইসিস করে দেখা প্রয়োজন এবং সেইভাবে ব্যবস্থাগ্রহণ করতে হবে।

ঘ) বিয়ারিং ক্লিয়ারেন্স বেশী বা বিয়ারিং ঠিক নেই।	ঘ) বিয়ারিং চেক করতে হবে, প্রয়োজনে পরিবর্তন করতে হবে।

পাম্পের রুটিন মেনটেনেন্স
(Routine Maintenance of pumps)

প্রত্যেক যন্ত্রের জন্য কিছু সংরক্ষণ কাজ আছে যা নিয়মিতভাবে সম্পন্ন করা প্রয়োজন হয়। এই কাজগুলি সময়মত ঠিকভাবে পালন করলে যন্ত্রে ত্রুটির মাত্রা অনেক কমে যায় এবং যন্ত্রের আয়ু বেড়ে যায়। যেমন বিয়ারিং'এ নিয়মিত তেল দেয়া বা গ্রীজ করা; পাম্পের গ্ল্যান্ড পেকিং মাঝে মধ্যে পরীক্ষা করে দেখা এবং সে অনুসারে টাইট দেওয়া; সাকসান জালি পরিষ্কার করা ইত্যাদি কাজ। এই ধরনের কাজ কর্ম একটা নির্দিষ্ট সময়ের ব্যবধানে নিয়মিত সম্পন্ন করাকে রুটিন মেইনটেনেন্স বলে। যন্ত্রের ইন্সপেকসন,অভারহলিং কাজকেও রুটিন মেইনটেনেন্স হিসাবে গণ্য করা হয়।

রুটিন মেইনটেনেন্সের কোন্ কাজ কতটা সময়ের ব্যবধানে করা দরকার তা নির্ভর করে যন্ত্রটির প্রকৃতির উপর এবং কোন্ পরিবেশ চলছে তার উপর। সময় বলতে কত ঘন্টা চলেছে বা রানিং আওয়ারসকেই (running hours) বুঝায়। কিন্ত রুটিন মেইনটেনেন্স তালিকা প্রণয়ন করার সময় দৈনিক, মাসিক, ত্রৈমাসিক, ষানমাসিক, বাৎসরিক ইত্যাদি সময়কাল হিসাবে কার্য্য নির্ধারন করা হয়ে থাকে। এই ক্ষেত্রে বুঝতে হবে যে দিনের বা মাসের অধিকাংশ সময়ই যন্ত্রটি চলে। আর যদি সেই রকম না চলে তবে সময়ের ব্যবধানেরও পার্থক্য হবে। সাধারণভাবে একটি সেন্ট্রিফিউগাল পাম্পে যে ধরনের রুটিন মেইনটেনেন্সের প্রয়োজন হয় তা নিম্নরূপ ঃ-

সাপ্তাহিকঃ-প্রতি সপ্তাহে পাম্পের গ্ল্যান্ড চেক করে দেখা উচিৎ যে প্যাকিং ঠান্ডা আছে কিনা বা পরিমাণমত পানি লিক করছে কিনা, মেকানিক্যাল সিল হলে তা ঠান্ডা আছে কিনা, কোলিং এবং সিলিং লাইন কাজ করছে কিনা। বিয়ারিং 'এ তেলের প্রবাহ ঠিক আছে কিনা বা তেলের কাপে তেলের লেবেল কতটুকু লক্ষ্য করতে হবে এবং প্রয়োজনে লুব্রিকেটিং তেল কাপে দিতে হবে।

এই চেক কোন কোন পাম্পের জন্য দৈনিক করা প্রয়োজন হয়। সাকসান স্ট্রেইনার থাকলে তা পরিষ্কার করতে হবে। মামলার মাত্রা অনুসারে সময়ের ব্যবধান নির্ধারিত হবে।

মাসিকঃ–বিয়ারিং'এর প্রকৃত তাপমাত্রা কত তা প্রতি মাসে দেখা দরকার এবং রেকর্ড করা উচিৎ। যদি তাপমাত্রা মাপার ব্যবস্থা না দেয়া থাকে তবে একটি থারমোমিটার বিয়ারিং কভারের গায়ে পুটি দিয়ে কিছুক্ষণের জন্য আটকে রেখে তাপমাত্রা মাপতে হবে। তাপমাত্রা যদি ৭০°c বা ১৬০° F এর উপরে হয় তবে লুব্রিকেটিং লাইন এবং বিয়ারিং পরীক্ষা করে দেখা দরকার। গ্রীজ লুব্রিকেটিং হলে প্রতি মাসে গ্রীজিং করতে হবে।

ষান্মাসিকঃ– লুব্রিকেটিং তেলের লাইন পরিষ্কার করে দিতে হবে এবং পুরাতন তেল ফেলে দিয়ে নূতন তেল দিতে হবে। গ্ল্যান্ড পেকিং এর অবস্থা অবলোকন করতে হবে। ২/৩ টা পেকিং রিং পরিবর্তন করা যেতে পারে; যদি পেকিং খারাপ হয়েছে দেখা যায় তবে সম্পূর্ন পেকিং পরিবর্তন করা উচিৎ হবে। মেকানিক্যাল সিল থাকলে তা খোলে অবস্থা পরীক্ষা করে দেখতে হবে এবং পরিষ্কার পরিচ্ছন্ন করে দিতে হবে।

বাৎসরিক ঃ– পাম্পের বিয়ারিং ক্লিয়ারেন্স পরীক্ষা করে দেখতে হবে। পুরাতন তেল বা গ্রীজ সম্পূর্ণ পরিষ্কার করে নূতনভাবে লুব্রিকেসন করতে হবে। কাপলিং এলাইনমেন্ট পরীক্ষা করতে হবে এবং প্রয়োজনবোধে সঠিক করতে হবে। গ্ল্যান্ড পাকিং খুলে গ্ল্যান্ড স্লিভের অবস্থা দেখতে হবে। যদি বেশী ক্ষয় হয়ে থাকে বা অসমান দাগ পড়ে থাকে তবে স্লীভ পরিবর্তন করতে হবে। কোন কোন পাম্পের জন্য ওয়েরিং রিং ক্লিয়ারেন্স চেক করে দেখা প্রয়োজন হয়। পাম্পের ফাউন্ডেসন বোল্ট এবং অন্যান্য ফ্ল্যাঞ্জের বা বডির বোল্টগুলি যথাযথ টাইট আছে কিনা দেখা দরকার। এলাইনমেন্ট সঠিক আছে কিনা পরীক্ষা করে দেখতে হবে। বাৎসরিক রুটিন মেইনটেনেন্স সম্পর্কে যা বলা হল একে পাম্পের মাইনর অভারহলিংও বলা যেতে পারে। যদি পাম্প প্রস্তুতকারক মাইনর অভারহলিং বা বাৎসরিক ইন্সপেকসন সম্পর্কে নির্দেশাবলী দিয়ে থাকে তবে সেই অনুসারে সংরক্ষণ কাজ সম্পন্ন করতে হবে।

ত্রৈ—বাৎসরিক ঃ– প্রতি তিন বৎসর পর পর পাম্পের পূর্ন নবায়ন বা মেজর অভারহলিং করা উচিৎ। পাম্প অনুসারে এবং তার ব্যবহার স্থান ও পদ্ধতি অনুপাতে এই সময়ের ব্যবধানের পার্থক্য হতে পারে। পাম্পের ত্রুটির মাত্রাও এই সময়কে এগিয়ে বা পিছিয়ে দিতে পারে। কোন কোন পাম্প প্রতি বৎসর বা দুই বৎসর অন্তর অন্তর অভারহলিং করা প্রয়োজন হয়। আবার কখনো কখনো কোন পাম্প ৫/৬ বৎসর পর অভারহলিং করতে দেখা যায়।

অভারহলিং'এ কি কি কাজ করতে হবে তা আগেই ব্যাখ্যা করেছি। তবে অভারহলিং এবং তার খুটিনাটি সম্পর্কে নিদিষ্ট পাম্প প্রস্তুতকারক ম্যানুয়াল বা পুস্তিকায় যে সব নির্দেশ দিয়ে থাকে তা অনুসরণ করা কর্তব্য। যদি তিন বৎসর পর অভারহলিং করা না হয় তবে অন্তত তার পারফরমেন্স টেস্ট (performance test)করে অবস্থা বিচার করা প্রয়োজন। অনেকে এই টেস্ট প্রতি বৎসর একবার করে দেখে নেয় এবং পাম্পের অবস্থা রিপোর্ট আকারে রেকর্ড করে।

পাম্প অভারহলিং'এর পর কি কি কাজ করা হল,কি কি ত্রুটি পাওয়া গেল এবং কোন কোন যন্ত্রাংশ পরিবর্তন করা হল তা লিখিতভাবে সংরক্ষণ করা উচিৎ। পাম্পের রুটিন মেনটেনেন্স এবং অভারহলিং কার্য্যাবলী ছক বা চার্ট আকারে সাজিয়ে নিলে সে অনুসারে সময় মত পদক্ষেপ নেয়া সহজ হয়। এই বিষয়ে সংরক্ষন ব্যবস্থাপনা অধ্যায়ে আলোচনা করা হয়েছে।

কোন কোন ক্ষেত্রে সময়ের সাথে ধীরে ধীরে ফাউন্ডেসন সিঙ্ক (sink) করতে দেখা যায় অর্থাথ নীচের দিকে বসে যেতে থাকে। যদি এই বসে যাওয়ার মাত্রা কম হয় তবে দুই তিন বৎসর অপেক্ষা করে দেখা যায়। হয়ত একসময় তা স্থির হয়ে যেতে পারে। তবে এই ক্ষেত্রে প্রত্যেক ছয়মাস বা এক বৎসর পর পর যন্ত্রের লেবেলিং ও এলাইনমেন্ট পরীক্ষা করতে হবে এবং প্রয়োজন মোতাবেক সঠিক করতে হবে। যদি বসে যাওয়ার মাত্রা বেশী হয় তবে আগের ফাউন্ডেসনের আয়তন চারিদিকে বাড়িয়ে দিয়ে তা রোধ করা যায়। অথবা সিঙ্ক করার কারণ নিরূপণ করে সিভিল ইঞ্জিনিয়ারের উপদেশ অনুযায়ী মেরামত করা উচিৎ।

ফাউন্ডেসনে সচরাচর ত্রুটি হয় না। হলে তা নির্ধারন করা বা তার কারণ অনেক সময় সহজে ধরা পড়ে না। আর বড় রকমের ত্রুটি হলে তা মেরামত কষ্টসাধ্য ও ব্যয়বহুল হয়ে পড়ে। সেজন্য মাঝারি বা বড় যন্ত্রপাতির ভিত্তি তৈরী করার সময় সঠিক হিসাব নিকাশ এবং নির্মাণ কার্য্যে সতর্কতা অবলম্বন করা বাঞ্ছনীয়। ফাউন্ডেসনে ফাটল দেখা দিলে তা ভেঙ্গে মেরামত করে দেয়া প্রয়োজন।

ষোড়শ অধ্যায়

বিবিধ
(MISCELLANEOUS)

হাতিয়ার, যন্ত্রপাতি ও উপকরণ (Tools, equipment and consumable materials):- যন্ত্র সংরক্ষণ কাজ করতে গেলে প্রথমে যে জিনিষের প্রয়োজন, তা হল হাতিয়ার (Tools)। ভাল কাজ পেতে হলে সঠিক স্থানে সঠিক হাতিয়ার ব্যবহার করা প্রয়োজন। হাতিয়ার অসংখ্য প্রকারের এবং সাইজের হয়ে থাকে। যন্ত্র সংরক্ষণবিদকে তার কাজ ও প্রয়োজন অনুসারে হাতিয়ার নির্বাচন করতে হবে। সাধারণভাবে যে কোন ফিটার, ফোরম্যান, ম্যাকানিকস বা সংরক্ষণবিদের নিকট যে হাতিয়ারগুলি থাকা দরকার অর্থাৎ যাহা সচরাচর ব্যবহার হয়ে থাকে সেগুলিকে হ্যান্ড টুলস (Hand Tools) বা কমন টুলস (Common Tools) বলে। এই সব হাতিয়ার সম্পর্কে কম বেশী সকলেরই পরিচয় আছে। তবুও সঠিক নাম ও ব্যবহারিক সাইজ জানা থাকার উদ্দেশ্যে এখানে সাধারণ একটি তালিকা দেয়া হল।

নাম	সাধারণ সাইজ
১। বলপিনহাতুড়ী। (Ball peen Hammer)	৩৫০ গ্রাম, ৫০০ গ্রাম ওজনের।
২। ইঞ্জিনিয়ারস্ক্রু–ড্রাইভার। (Enginers Screw driver)	১৫০ মি·মি, ৩০০ মি·মি· দৈর্ঘ্যের বা ৬ ইঞ্চি, ১২ ইঞ্চি দৈর্ঘ্যের।
৩। ক্রস বা স্টার পয়েন্ট স্ক্রু–ড্রাইভার (Cross or star point Screw driver)	১০০ মি·মি, ১৫০ মি·মি দৈর্ঘ্যের বা ৪ ইঞ্চি, ৬ ইঞ্চি দৈর্ঘ্যের।
৪। এডজাষ্টেবল রেঞ্চ বা স্লাইড রেঞ্চ (Adjustable wrench or Slide wrench)	১৫০ মি·মি, ৩০০ মি·মি দৈর্ঘ্যের বা ৬ ইঞ্চি ১২ ইঞ্চি দৈর্ঘ্যের।
৫। ইঞ্জিনিয়ারপ্লায়ার্স। (Engineers pliers)	১৫০ মি·মিঃ/৬ ইঞ্চি দৈর্ঘ্যের।
৬। গ্রীপ প্লায়ার্স। (Gripe pliers)	২২৫ মি·মিঃ/৯ ইঞ্চি দৈর্ঘ্যের।

নাম	সাধারণসাইজ
৭। সেন্টার পাঞ্চ (Centre punch)	১০০মি·মিঃ দৈর্ঘ্য ও ৩ মি·মিঃ ব্যাস।
৮। চেপ্টা ছেনী (Flat point chisel)	১০০ x ৭ মি·মিঃ, ১৫০ x ১৩ মি·মিঃ দৈর্ঘ্য x প্রস্থ।
৯। চেপ্টা রেতি, মোটা কাট– (Flat file, Course cut)	৩৫০মি·মিঃ দৈর্ঘ্যের স্ট্যান্ডার্ড সাইজ।
১০। চেপ্টা রেতি, চিকন কাট। (Flat file, fine cut)	৩০০ মি·মিঃদৈর্ঘ্যের স্ট্যান্ডার্ড সাইজ।
১১। গোলাকৃতি রেতি, দ্বিতীয় কাট (Round file, Second cut)	২৫০ মি·মিঃ দৈর্ঘ্যের স্ট্যান্ডার্ড সাইজ
১২। স্ক্রেপার, চেপ্টা ও ছোট ব্লেড। (Scraper, Flat & short blade)	৪ x $\frac{১}{২}$ ইঞ্চি ব্লেড, ৮ ইঞ্চি লম্বা।
১৩। স্ক্রেপার, বক্রাকৃতি ও মাঝারি ব্লেড। (Scraper, Curved & medium blade)	৯ ইঞ্চি চোখা ব্লেড, ১২ ইঞ্চি লম্বা।
১৪। হ্যাক–স (Hack Saw)	স্ট্যান্ডার্ড সাইজ ও টাইপ।
১৫। পাইপ রেঞ্চ (Pipe wrench)	১২ ইঞ্চি, ১৬ ইঞ্চি দৈর্ঘ্যের।
১৬। খোলা মাথার স্পেনার সেট (Open and Spanners set).	মেট্রিক সাইজ–১০ x ১১, ১২ x ১৩, ------১৮ x ১৯, ২০ x ২২ মি·মিঃ বৃটিশ সাইজ–$\frac{৫}{১৬}$ x $\frac{৩}{৮}$ x $\frac{৭}{১৬}$, $\frac{১}{২}$--- ----- $\frac{১৩}{১৬}$ x $\frac{৭}{৮}$, $\frac{১৫}{১৬}$ x ১ইঞ্চি।
১৭। রিং স্পেনার সেট। (Ring Spanners set)	উপরেরঅনুরূপসাইজ।

নাম	সাধারণ সাইজ
১৮। সকেট রেঞ্চ সেট ও আনুষাঙ্গিক সংযোগ দন্ডাদি (Socket wrenches set with attachment)	মেট্রিক সাইজঃ–১০, ১১, ১২,---২৫ মি·মিঃ ব্রিটিশ সাইজ ঃ– $\frac{৩}{৮}$, $\frac{৭}{১৬}$, $\frac{১}{২}$ ------১ইঞ্চি।
১৯। এলেন কি রেঞ্চ সেট (Allen key wrench set)	মেট্রিক সাইজ ২–২০ মি·মিঃ বৃটিশ সাইজ $\frac{১}{৩২}$ – $\frac{১}{২}$ইঞ্চি।
২০। চাকু (Knife)	৬–৮ ইঞ্চি লম্বা।
২১। ডিভাইডার (Divider).	৬ইঞ্চি।
২২। ইনসাইড কেলিপার। (Inside callipers).	৬ইঞ্চি।
২৩। আউটসাইড কেলিপার। (Outside callipers).	৬ইঞ্চি।
২৪। লেবেল গেজ বা স্পিরিট লেবেল) (Level gauge or spirit level).	১৮ ইঞ্চি লম্বা।
২৫। থ্রেড গেজ (Thread gauge).	মেটিক ও ইংলিশ মানের সমন্বয় সেট।
২৬। ফিলার গেজ (Feeler gauge)	মেট্রিক সাইজ–১০০মিঃ দৈর্ঘের ১০ টি ফলা, ০·০৫–০·২৫ মিঃমিঃ পুরুত্বের। বৃটিশ সাইজ– ৪–৬ ইঞ্চি দৈর্ঘের ২০/২২ ফলা, ·০০৪"–·০২৫" পূরুত্বের।
২৭। ওয়্যার গেজ (wire gauge).	1-21 SGW সাইজ।
২৮। ভার্ণিয়ার কেলিপার।	মেট্রিক ও বৃটিশ উভয় মাপের দাগ কাটা, ৬ বা ৮ ইঞ্চি লম্বা

নাম	সাধারণ সাইজ
২৯। ধাতব রুল (Metal rule).	মেট্রিক ও বৃটিশ উভয় মাপের দাগ কাটা, ১৮ বা ২৪ ইঞ্চি লম্বা।
৩০। ষ্টীল টেপ (Steel Tape).	মেট্রিক ও বৃটিশ উভয় মাপের চিহ্নিত, ৩০ বা ৫০ ফুট লম্বা।

সাধারণ হাতিয়ার ছাড়াও সংরক্ষন কাজ সহজ উপায়ে এবং সুচারুভাবে সম্পন্ন করার উদ্দেশ্যে অনেক রকম যন্ত্রপাতির আশ্রয় নিতে হয়। অনেক কাজ আছে যে বিশেষ বিশেষ যন্ত্রপাতির সাহায্য ছাড়া করা সম্ভব নয়। আবার কিছু কিছু হাতিয়ার এবং জিনিষ পত্র কোন কোন কাজে প্রয়োজনীয় হয়ে পড়ে। যে কোন যন্ত্রসংরক্ষন বিভাগ, উপ-বিভাগ বা ওয়ার্কসপে এই সব যন্ত্রপাতি ও জিনিষপত্র মওজুত রাখা আবশ্যক বলে মনে করি। ইনডাষ্ট্রির রকম, কাজের আয়তন ও ভিন্নতা অনুসারে এর প্রকারভেদ হতে পারে। কোন কোন যন্ত্রের বিশেষ সংরক্ষণ কাজের জন্য স্পেসাল টুলস (Special Tools) বা যন্ত্রপাতির আবশ্যক হয়। সেগুলি যন্ত্রের প্রস্তুতকারক সরবরাহ করে থাকে অথবা আলাদা ভাবে ক্রয় করতে হয় বা তৈরী করে নিতে হয়। সাধারণ ভাবে যে সব যন্ত্রপাতি, বিশেষ হাতিয়ার সমূহ এবং আনুষাঙ্গিক জিনিষপত্র মওজুত রাখা উচিৎ তার একটি তালিকা দেয়া হল।

১। ইলেকট্রিক ড্রিল মেসিন; বহনযোগ্য।
(Electric drill machine, small and portable, drilling capacity upto 10 mm, power-300 watt, 220V. Full speed-1500 r.pm. A. C Supply)

২। ইলেকট্রিক ড্রিল মেসিন, ভারী কাজের উপযুক্ত।
(Electric drill machine, heavy duty, drilling capacity upto 25mm, Two speed 300/500 r.p.m, Power-750/1000 watt, 220V. A.C supply).

৩। ড্রিল বিট সেটত্রৈ।
(Drill bit,set, different type and sizes, straight shank taper drill bit one set for metal drilling from size 3-25 mm).

৪। হ্যান্ড গ্রাইন্ডিং মেসিন, ছোট ও বহনযোগ্য।
(Hand Grinder, Small and portable, Size-upto disc dia 150 mm, power 750w, with different type & siges grinding discs).

৫। হ্যান্ড টেপ ও ডাই সেট, মেট্রিক মাপের।
(Hand tap & die set, 3 to 25 mm sizes).

৬। রিমার সেট, মেট্রিক মাপের।
(Reamer set, 3 to 25 mm sizes).

৭। হ্যান্ড টেপ ও ডাইসেট, বৃটিশ মাপের।
(Hand tap & die set, $\frac{1}{4}$ to 1 inch sizes).

৮। রিমার সেট, বৃটিশ মাপের।
(Reamer set, $\frac{1}{4}$ to 1 inch sizes).

৯। পাইপ ভাইস।
(Pipe vice on Tripod stand for pipe sizes upto 4 inches).

১০। পাইপ থ্রেড কাটার।
(Pipe thread cutter, inside and outside cutters, metric and British sizes for upto 100 mm or 4 inches dia pipes).

১১। ডিভাইডিং কেলিপার।

(Dividing Calliper, size 150 mm length)

১২। বহির্মুখী ছারক্লিপ প্লায়ার্স।
(External Circlip Plier, size-150, 250 mm).

১৩। অন্তর্মুখী ছারক্লিপ প্লায়ার্স।
(Internal Circlip plier, size-150, 250 mm).

১৪। চেইন পাইপ রেঞ্চ
(Chain pipe wrench, size-54" length x 8" pipe dia)

১৫। এডজাস্টেবল টরক্ রেঞ্চ।
(Adjustable torque wrench),
size-300 mm Length, 20-150 Kg-cm force)

১৬। স্ক্রেপার সেট।
(Scraper Set, different types and sizes).

১৭। সমকোণি (Right angle, 500 mm length).

১৮। স্ট্রেট এজ (Straight edge, 600 x 40 mm).

১৯। সারফেস প্লেট।
(Sarface plate, size-600 x 400 mm).
Accuracy : ± 0.008 mm per 300 mm).

২০। হাতে চালিত ছোট পাম্প।
(Hand operated rotary pump. capacity-10 litre/min approx. for filling and emptying oil drum & other purpose).

২১। তারের রশি বা স্লিংস।
(wire rope and Slings, wire dia
$\frac{1}{4}$", $\frac{1}{2}$", $\frac{3}{4}$" of 5' and 10' length, 4 nos. each)

২২। স্যাকেলস্।
(D-shacles and S-shacles of different types & sizes)

২৩। আই বোল্টস্।
(Eye bolts, plain pattern, Forged steal, metric sizes-5mm to 25 mm, Britsh siges $\frac{1}{4}$ to 1 inch, 2 nos. each sizes) .

২৪। চেইন হয়েস্ট বা চেইন পুলি।
(Chain hoist বা Chain pulley, lever operated, Capacity 2 ton, 2 nos.).

২৫। স্ক্রু–জ্যাক
(Screw Jack, Capacity 5,10 ton, 2 nos)

২৬। হাইড্রলিক জ্যাক।
(Hydraulic Jack or Ram, capacity 10 tons.2 nos.).

২৭। বিয়ারিং পুলার সেট।
(Bearing puller set, To pull out 25 to 200 mm size bearings).

২৮। ভিতর মাপের মাইক্রোমিটার সেট।
(Inside micrometer set, upto 500 mm).

২৯। বাহির মাপের মাইক্রোমিটার।
(Outside micrometer,0-25mm range).

৩০। ডায়ালইনডিকেটর।
(Dial Indicator, Metric: 0-25 mm).
English: 0-1 inch.with stand & magnetic basic)

৩১। হাতুড়ী, বিভিন্ন টাইপ ও সাইজের।

(Hammer; different types and sizes such as heavy duty hammer, sledge hammer, copper hammer; 4/5 nos).

৩২। ক্র–বারস।।
(Crow bars; 18, 36, 72 inch in length).

৩৩। গ্রাইন্ডিং ষ্টোন।
(Grinding Stone /oil Stone/Carbide stone; One side fine & other side Coarse, 6" in length).

৩৪। ভাল্ব সিট গ্রাইন্ডিং সেট।
(Valve Seat grinding hand set, sizes-for globe valve upto 50 mm, for gate valve upto 200mm)

৩৫। ক্ল্যাম্প।
(Clamps, C-clamp, straight clamps, general sizes)

৩৬। হ্যান্ড ট্রলি (Hand trolly, capacity-200 Kg).

৩৭। হ্যান্ড টর্চ বার্ণার।
(Hand torch burner, Kerosine or petrol operated, one for direct local heating)

৩৮। বেঞ্চ ও ভাইস।
(One working bench with Standand vice, Table size may be 4' x 3' with metal top or thick wood).

হাতিয়ার ও যন্ত্রপাতি ছাড়াও সংরক্ষণ কাজে বিভিন্ন প্রকারের দ্রব্যাদি বা উপকরণের প্রয়োজন হয়; যেমনঃ–গ্যাসকেট, ইমারি ক্লথ, কেরোসিন ইত্যাদি। কাজের রকমফের অনুসারে কোনটার পরিমাণ বেশী বা কম ব্যবহৃত হয়ে থাকে। প্রত্যেক যন্ত্র সংরক্ষন বিভাগে ৩ থেকে ৬ মাসের ব্যবহার পরিমাণ উপকরণ মওজুদ রাখা উচিৎ। কাজ অনুসারে কি কি দ্রব্যাদি কতটা প্রয়োজন তাহা পূর্বের এক বৎসরের হিসাব থেকে বের করে যাচাই করে নিতে হবে। নিম্নে মোটামুটি

একটি সাধারণ তালিকা প্রণয়ন করা হল, যা থেকে ব্যবহারিক উপকরণ নির্বাচিত করা সহজ হবে।

১। ইমারীক্লথ।
(Emery cloth, grade-0,1,2,3,)

২। গ্যাসকেটসিট।
(Gasket sheets; Asbestos gasket sheet, sige-0.5 mm - 2mm thickness. klingerit gasket with wire and without wire, sizes-0.5-1.5m.m).

৩। রাবারগেসকেট।
(Rubber gasket sheet; with thread re-inforcement and without thread, sizes-0.5 to 3mm thickness)

৪। তেলেরলাইনের গেসকেট।
(Cork sheet gasket or oil paper gasket, size- $\frac{1}{16}$, $\frac{3}{32}$, $\frac{1}{8}$ inches or .5-3 mm. size)

৫। গ্রাইন্ডিং বা লেপিং পেস্ট অথবা কমপাউন্ড।
(Grinding or laping paste/compound, Ground grade and Fine grade).

৬। এনটিসিজিংকমপাউন্ড।
(Antiseizing compound/grease/spray/powder i,e any suitable type can be used as per place and temperature).

৭। সিলিংকমপাউন্ড।
(Sealing compound or liquid for low temperature and high temperature.).

৮। পুটি বা মেরামত কমপাউন্ড।
(Putty or compound for repair purpose of different materials;such as rubber putty, Iron putty, stainless steel putty, Devcon compound, Durometal compound, Epoxy compound etc.).

৯। টেফলনটেপ।
(Teflon tape for sealing, patching and tightness of screw thread, pipe thread etc.).

১০। কেরোসিন/পেট্রোল/থিনার।
(Cleaning and disolving liquid such as kerosine, white spirit, petrol, thinner, or carbon tetra chloride.)

১১। পারসিয়ানব্লু।
(Persian blue in tubes).

১২। সীসার তার
(Lead wire, 0.5m.m, 1 mm., 2mm. dia).

১৩। ডাই পেনিট্রেন্ট কিট।
(Die penetrant kit).

১৪। পেকিং।
(Asbestos packing, Asbostes graphited gland packing, size-3,5,8,10 mm.).

১৫। ০–রিং কর্ডস
(0-ring cords of synthetic rubber. sizes:- 3-10 mm dia to make disired sizes of 0-rings).

১৬। এডহেসিব, গ্লু

(Different type of adhesive or glue for maintenance works such as Locktite, Araldite etc.) .

১৭। তারের ব্রাস।
(wire brush,sige-6", 9")

১৮। মরিচা দূরীকরণ স্প্রে।
(Rust removing spray in small canes).

১৯। হসেস।
(Nylone/ plastic/Rubber hoses; few pieces of different sizes).

২০। জুবিলি ক্ল্যাম্পস।
(Jubilee Clamps, size:-5,10....upto 50 mm)

২১। ওয়াসারস।
(Washers of different type and sizes).

২২। সিম।
(Shim stock of copper/stainless steel; siges:-0.05, 0.1, 0.3, 0.5 mm thickness).

২৩। হ্যান্ড গ্লোভস।
(Hand Gloves of cloth/leather/Asbostos/Rubber)

২৪। পলিথিনসিট।
(Polythine sheet or rolls).

২৫। গ্রীজ (Grease for general purpose).

২৬। কাপড়/জট সূতা/টুকড়া কাপড়।
(Markin cloth/Waste cotton/cloth or rag pieces).

২৭। রশি।

(Manila/Nylon/Jute ropes, different sizes and lengths)

২৮। বিভিন্ন সাইজ ও মাপের কিছু নাট, বোল্ট ও স্ক্রু।
(Different size of Nuts, Bolts and Screws).

২৯। কাঠের লগ, টুকরা ও তক্তা।
(Some wooden logs, blocks, pices, planks of few sizes).

উপরের উল্লেখিত হাতিয়ার, যন্ত্রপাতি ও উপকরণ সমূহ ব্যবহারের নিয়ম, স্থান ও পদ্ধতি সম্পর্কে হাতে কলমে প্রশিক্ষণ গ্রহনের প্রয়োজন আছে। অভিজ্ঞ লোকদের সাথে কাজ করে এগুলি আয়ত্তে আনা সহজ। তবে নিজের চেষ্টা ও পরিশ্রম দ্বারা দিনে দিনে নিপুণতা অর্জিত হয়।

ভার উত্তোলন ও হস্তান্তর বা রিগিং (Rigging) ঃ–

কোন ভারী জিনিষ, মালামাল, যন্ত্র বা যন্ত্রাংশ উত্তোলন অথবা স্থানান্তর কার্য্য রশি, স্লিংস, চেইন পুলি, হয়েস্ট, ক্রেইন বা অন্য কোন যন্ত্রের সাহায্যে সম্পাদন করাকে রিগিং (rigging) বলে। যন্ত্র সংরক্ষণ কাজে বিশেষ করে বড় ধরণের যন্ত্রপাতি সংস্থাপন, মেরামত ও অভারহলিং করার সময় রিগিং'এর প্রয়োজন হয়। এই কার্য্য সঠিক ভাবে ও নিরাপদ উপায়ে সম্পাদনের জন্য সঠিক হাতিয়ার ও যন্ত্রপাতি ও সঠিক পদ্ধতি অবলম্বন বাঞ্ছনীয়। নতুবা দুর্ঘটনা ঘটার সম্ভাবনা থাকে।

রিগিং কার্য্য করা কালীন প্রথমেই বিবেচনা করতে হবে যে মাল বা যন্ত্রটি সড়ান হবে তার ওজন কত। এই সম্পর্কে প্রস্তুতকারক কোন ম্যানুয়েল বা নকশায় ওজন দিয়ে থাকে। আবার যন্ত্রের গায়েও মোট ওজন কখনো কখনো লেখা থাকে। যাহা হউক ওজন সম্পর্কে তথ্য সংগ্রহ করতে হবে। আর যদি কোন তথ্য না পাওয়া যায় তবে ওজন সম্পর্কে অনুমান করে নিতে হবে। তবে এই অনুমান মোটামুটি হিসাবের ভিত্তিতে করা উচিৎ। সাধারণত যন্ত্রপাতি লোহা বা ইস্পাত দিয়ে তৈরী হয়। যদি আমরা বস্তুটির ধাতব আয়তন (volume) বের করে নেই তাহলে উহার ওজন বের করাও সহজ হয়ে যাবে। কারণ আমরা জানি

যে প্রতি বর্গফুট লোহা বা ইস্পাতের ওজন ৪৭৫ থেকে ৪৯০ পাউন্ড পর্যন্ত হয়ে থাকে। আমরা হিসাবের সুবিধার জন্য ৫০০ পাউন্ড ধরে হিসাব করে নিব। একটি যন্ত্র তার বডি বা অন্তর্ভুক্ত বিভিন্ন আকারের যন্ত্রাংশ দ্বারা তৈরী হয়ে থাকে। সে ক্ষেত্রে বডি ও ভারী যন্ত্রাংশগুলির আলাদা হিসাব করে বাকী যন্ত্রাংশগুলির মোট ভর কত হতে পারে অনুমান করে নিতে হবে। মোট ওজন অনুমিত হলে তাকে আরও ২০% বা ৩০% বাড়িয়ে ধরে নেয়া শ্রেয়।

যে কোন উত্তোলন কাজে রশি বা তারের রশি ব্যবহৃত হয়। এই সব রশি ম্যানিলা (manila), সূতা (cotton), পাট (Jute), নায়লন (Nylon) এবং ইস্পাতের তার (steel wire) দ্বারা প্রস্তুত করা হয়। তারের রশি ছাড়া অন্যান্য রশি হালকা কাজে ব্যবহৃত হয়। অর্থাৎ ২/৩ টন ওজনের বেশী হলে তারের রশি ব্যবহার করা উচিৎ। নরম রশি হিসাবে ম্যানিলা রোপ (manila rope) অধিক ব্যবহার উপযোগী। রশি যত মোটা হবে ওজন তত বেশী বহন করতে পারবে। তিন গুচ্ছের ম্যানিলা রোপের জন্য বলা যেতে পারে যে $\frac{১}{২}$ ইঞ্চি ব্যাসের রশি প্রায় ২৫০ পাউন্ড, ১ ইঞ্চি হলে ১০০০ পাউন্ড, ১$\frac{১}{২}$ ইঞ্চি হলে ২০০০ পাউন্ড বা এক টন, ২ ইঞ্চি হলে ৪০০০ পাউন্ড এবং ৩ ইঞ্চি হলে ৮০০০ পাউন্ড ওজন বহন ক্ষমতা রাখে। এক ইঞ্চি ব্যাসের চারটি রশি একত্রে এক স্থানে বা ভিন্ন স্থানে ধরে এক থেকে দুই টন ওজনের জিনিষ হস্তান্তর করা সহজ। ম্যানিলা রোপ দিয়ে যন্ত্র বা যন্ত্রাংশকে জড়িয়ে ধরা সুবিধাজনক এবং এতে যন্ত্র বা যন্ত্রাংশের উপর আচড় পড়ে না। রশিতে অপ্রয়োজনে গিট দেয়া বর্জন করতে হবে। কারণ গিট ওজন বহন ক্ষমতাকে দুর্বল করে দেয়। দরকার অনুসারে অনেক ক্ষেত্রে গিট দিতে হয়। কোন কাজে কি ধরণের গিট উপযুক্ত তাহা জানা থাকা ভাল।

হালকা থেকে ভারী অর্থাৎ সর্ব্ব কাজেই তারের রশি (wire rope) বিশেষ উপযুক্ত। যদি কোন মসৃন যন্ত্রাংশকে তারের রশি দিয়ে জড়িয়ে ধরতে হয় তাহলে মসৃন অংশে নরম গেসকেট বা তামার পাত ব্যবহার করা উচিৎ। তবে যন্ত্র বা যন্ত্রের কভার ইত্যাদি উত্তোলনের জন্য আই বোল্ট (eye bolt) ব্যবহারের ব্যবস্থা থাকে। তারের রশি বা ওয়্যার রোপ ইস্পাতের চিকন গ্যালভানাইজড তার থেকে তৈরী হয় যার বেশ কয়েকটি নালিকে পাকিয়ে একটি গুচ্ছে পরিণত করা হয়। এইরূপ ছয়টি গুচ্ছকে আবার একটি নরম হেম দ্বারা তৈরী কোর (core) এর চারিদিকে একটির ভিতর দিকে আরেকটিকে হ্যালিকাল পদ্ধতিতে পাকিয়ে

পূর্ণ রশিটি তৈরী করা হয়। রশির প্রকার ভেদে গুচ্ছ (strand) সংখ্যা এবং প্রতি গুচ্ছে তারের সংখ্যার পার্থক্য হতে পারে। ওজন বহন ক্ষমতা অনুসারে রশির ব্যাসের পার্থক্য হয়। অর্থাৎ ব্যাস যত বেশী হবে তত বেশী ওজন বহন করতে পারবে। আবার তারের মান অনুসারেও ওজন বহন ক্ষমতার পার্থক্য হয়। অন্যদিকে ওয়্যার রোপকে যখন ক্রেইনের হকে লাগান হয় তখন উহার অবস্থান অনুসারেও ওজন বহন ক্ষমতার পার্থক্য হয়। অর্থাৎ খাড়া বা লম্বালম্বি যত বেশী ওজন নিতে পারবে কৌণিক অবস্থানে তত পারবে না। কোণ যত বড় হতে থাকবে বহন ক্ষমতা তত কমবে। সাধারণ ভাবে ব্যবহৃত ওয়্যার রোপের ওজন বহন ক্ষমতার একটি তালিকা নীচের ছকে দেখানো হলঃ

ছক নং–২৮, ওয়্যার রোপের নিরাপদ ওজন বহন ক্ষমতার তালিকা।

রোপ ব্যাস		একক রশি	দ্বিগুন রশি (Double sling), কিলোগ্রাম (Kg)				
ইঞ্চি	মিঃমি	Single sling;(Kg)	0^0	30^0	60^0	90^0	120^0
৩/৮	১০	৫০০	১০০০	৯৬০	৮৬০	৭০০	৫০০
১/২	১২	১০০০	১৮০০	১৯০০	১৭০০	১৪০০	১০০০
৩/৪	১৮	৩০০০	৬০০০	৫৭৮০	৫২০০	৪২৫০	৩০০০
৭/৮	২২	৩৮০০	৭৬০০	৭৩৫০	৬৬০০	৫৩৭০	৩৮০০
১	২৫	৪৭০০	৯৪০০	৯০৪০	৮১৫০	৬৬৫০	৪৭০০
১ ১/৪	৩০	৭৩০০	১৪৬০০	১৪১০০	১২৬৫০	১০০০০	৭৩০০
১ ১/২	৩৮	১১২০০	২২৪০০	২১৬০০	১৯৪০০	১৫৮৫০	১১২০০

দীর্ঘ দিন ব্যবহারের ফলে বা অন্য কোন কারণে ওয়্যার রোপের চিকন তার ছিড়ে যেতে দেখা যায়। যদি মোট তারের ১০% এর অধিক তার এক প্যাচ পরিমাণ স্থানে ছিড়া পাওয়া যায়, তাহলে উহা বাতিল করে দেয়া উচিৎ। ওয়্যার রোপ ব্যবহারের সময় লক্ষ্য রাখতে হয় যেন ওজন তোলার সময় মাঝে প্যাচ সৃষ্টি না হয় বা কোন ধারাল অংশে না পড়ে। যন্ত্রের কোণা বা ধারে ঘষা খাওয়ার সম্ভাবনা থাকলে সেখানে ওয়্যার রোপের নীচে কাঠের টুকরা বা পাতলা সীট ব্যবহার করতে হয়। ওয়্যার রোপের দুই মাথায় লুপ (Loop) থাকলে উহাকে

স্লিংগস বলে। প্রকৃত পক্ষে কাজের সুবিধার জন্য ওয়্যার রোপ দিয়ে বিভিন্ন পরিমাপ ও দৈর্ঘ্যের স্লিংগস তৈরী করা হয়।

ওয়ার রোপ বা স্লিংগসের আয়ু সঠিকভাবে ব্যবহার ও যত্ন সহকারে সংরক্ষণের উপর নির্ভর করে। দীর্ঘ সময়ের জন্য হলে রোপের গায়ে তৈল মিশ্রিত গ্রীজ লাগিয়ে লম্বা লম্বি অবস্থায় কোথাও ঝুলিয়ে রাখার নিয়ম। প্রতি ২/৩ বৎসর অন্তর অন্তর ওয়্যার রোপ, স্লিংগস ও অন্যান্য ভার উত্তোলন জিনিষ ও যন্ত্রপাতি পরীক্ষা নিরীক্ষা করে দেখা যা সর্বোচ্চ ওজন বহন ক্ষমতা পরীক্ষা করে দেখা প্রয়োজন এবং নিরাপত্তামূলক নিয়ম।

ওয়্যার স্লিংগসের সাথে ভার উত্তোলন কাজে আইবোল্ট এবং স্যাকেল অহরহ ব্যবহার করতে হয়। সুতরাং ইহাদের ওজন বহন ক্ষমতা সম্পর্কেও ধারণা থাকা প্রয়োজন। নীচে সাধারণ আইবোল্টস ও সাধারণ প্রকৃতির স্যাকেলের উজন বহন ক্ষমতার তালিকা দেয়া হল। লক্ষ্য করার বিষয় এই যে আইবোল্টস খাড়া অবস্থায় যে ওজন বহন করতে পারে সমান্তরাল এবং কৌনিক অবস্থায় তুলনামূলক ভাবে অনেক কম ওজন বহন করতে পারে।

ছক নং—২৯, সাধারণ ফোর্জড—স্টীলের আইবোল্টের ওজন বহন ক্ষমতা।

সাইজ (Size, bolt dia)	খাড়া উপরের দিকে 90^0	কৌনিক অবস্থান 45^0	সমান্তরাল অবস্থান 0^0
$\frac{৩}{৮}$ ইঞ্চি	৩০০ পাউন্ড	৮০ পাউন্ড	৫০ পাউন্ড
$\frac{১}{২}$ ইঞ্চি	১২০০ পাউন্ড	১২০ পাউন্ড	৭০ পাউন্ড
$\frac{৩}{৪}$ ইঞ্চি	২৫০০ পাউন্ড	১৫০ পাউন্ড	১০০ পাউন্ড
১ ইঞ্চি	৫০০০ পাউন্ড	২৮০ পাউন্ড	২০০ পাউন্ড
১$\frac{১}{২}$ ইঞ্চি	১২০০০ পাউন্ড	৮০০ পাউন্ড	৬০০ পাউন্ড
২ ইঞ্চি	২১০০০ পাউন্ড	১৫০০ পাউন্ড	১০০০ পাউন্ড

হুক নং—৩০, সাধারণ ফোর্জড্—স্টীলের ডি—টাইপ স্যাকেলের ওজন বহন ক্ষমতা

সাধারণসাইজ (Shackle dia)	পিনের সাইজ (Pin dia)	ওজন ক্ষমতা, টনে (Safe load in Ton)
$\frac{৩}{৮}$ ইঞ্চি	$\frac{৭}{১৬}$ ইঞ্চি	১·০ টন
$\frac{১}{২}$ ইঞ্চি	$\frac{৫}{৮}$ ইঞ্চি	১·৪ টন
$\frac{৩}{৪}$ ইঞ্চি	$\frac{৭}{৮}$ ইঞ্চি	৩·২ টন
১ ইঞ্চি	১$\frac{১}{৮}$ ইঞ্চি	৫·৬ টন
১$\frac{১}{২}$ ইঞ্চি	১$\frac{৫}{৮}$ ইঞ্চি	১১·৮ টন
২ ইঞ্চি	২$\frac{১}{৪}$ ইঞ্চি	২১·০ টন

রিগিং কাজে প্রধান যে যন্ত্রটি ব্যবহার হয় তাহা হল ক্রেন (Crane) কারখানার ভিতরের জন্য ছাদের নিকটবর্তী স্থানে মূল ওজন বহনকারী স্টীলের কাঠামোর ইপর রেল বসানো থাকে যার উপর ক্রেইন মেসিন হলের এক প্রান্ত হতে অন্য প্রান্ত পর্যন্ত যেতে পারে। কারখানা ও তার যন্ত্রপাতির ওজন অনুসারে এই ক্রেন নির্বাচিত করা হয়ে থাকে। একে অভারহেড ক্রেন (Overhead crane) বলে। এর মধ্যে সাধারণত দুটি হুক থাকে। একটি বেশী ওজন বহনক্ষম ও অন্যটি কম ওজন বহনক্ষম। কারখানার বাহিরে ব্যবহারের জন্য মোবাইল ক্রেন (Mobile crane), গেনট্রি ক্রেন (Gentry Crane) ইত্যাদি ব্যবহার হয়। ক্রেন না থাকলে বা বিশেষ স্থানে ব্যবহারে সমস্যা থাকলে ট্রিপড (Tripod), গিন পোল (Ginpole), ডেরিক (Derick) ইত্যাদি ব্যবহার করা হয়। অর্থাৎ ওজন বহন করার একটি সুষ্ঠ কাঠামো তৈরী করা হয়। আমাদের দেশে শাল গাছ, কাঠের লগ দিয়ে ত্রিপদ গাছ বা কাঠামো খাড়া করে টিপড তৈরী করা হয়। এর সাথে প্রয়োজনবোধে রশির টানা দিলে গিন পোলের মত কাজ করার ক্ষমতা বাড়ে। আর কারখানার ভিতরে হলে মূল কাঠামোর সাথে ভীম, চেনেল, মোটা পাইপ ইত্যাদি সংযোগ বা ওয়েল্ডিং করে ওজন বহন করার ব্যবস্থা করা হয়ে থাকে। ওজন বহন করার ব্যবস্থা হয়ে গেলে ওজন বা মাল উঠা নামা করার জন্য চেইন পুলি (Chain pulley), চেইন ব্লক (Chain block), হয়েষ্ট

(Hoist), স্পুল বা স্পার গিয়ার (Spool or spur gear) ইত্যাদি ব্যবহার করা হয়। রিগিং কার্য্য সম্পাদনের জন্য অভিজ্ঞ লোকের প্রয়োজন হয়। যেখানে বা যে কারখানায় অহরহ রিগিং কাজের দরকার হয় সেখানে এই কার্য্যে দখল আছে এমন আলাদা ব্যক্তি নিয়োজিত থাকে যা রিগার, স্লিংগার বা দেশী ভাষায় সারেং নামে পরিচিত। তবে যন্ত্র সংরক্ষণ বিভাগের ফোরম্যানের এই কাজে অভিজ্ঞতা থাকা উচিৎ। যদি রিগিং কাজে ক্রেইন ব্যবহার করতে হয় তবে অভিজ্ঞ ক্রেইন অপারেটরেও দরকার হয়। ক্রেইন অপারেটরের অবশ্যই ক্রেন পরিচালন কালে নিপুণতা থাকতে হবে, এই বিষয়ে সার্টিফিকেট থাকতে হবে, এবং সরকার অনুমোদিত নির্দিষ্ট বিভাগ হতে প্রদত্ত লাইসেন্স থাকতে হবে।

ক্রেইন অপারেটরকে ক্রেইনটির পরিচালন পদ্ধতি, ম্যাকানিজম, লুব্রিকেসন পদ্ধতি, দোষ ক্রটি নির্নয় ক্ষমতা এবং নিরাপত্তামূলক ব্যবস্থা গ্রহণে জ্ঞান থাকা দরকার। রিগিং কার্য্যে ব্যবহৃত সংকেত সমূহ (signals) ভালভাবে জানা থাকতে হবে। কার্য্য শুরুর আগে স্লিংগার, সারেং বা ফোরম্যানের সাথে এই সম্পর্কে আলোচনা এবং সংকেত বিনিময়ের বিষয়ে ব্যাখ্যা করে নেয়া উচিৎ।

যে কোন যন্ত্র, যন্ত্রাংশ বা ভার উত্তোলনের সময় উহাকে সকল প্রকার বাধন থেকে মুক্ত বা আলাদা করতে হবে এবং খাড়া উপরের দিকে ধীরগতিতে তুলতে হবে। ধাপে ধাপে চার–পাঁচ মিলিমিটার পরিমাণ করে বরাবর উপরের দিকে তুলে নিতে হয়। সেই সাথে লক্ষ্য করতে হবে যে বস্তুটি সমান্তরাল ভাবে উপরের দিকে উঠছে কিনা। প্রয়োজন বোধে লেভেল গেজ দিয়ে পরীক্ষা করে দেখা যেতে পারে। অথবা চারিদিকে মেপে দেখা যেতে পারে সমান ভাবে উঠছে কিনা। যদি সমান ভাবে না উঠে বা সমান্তরাল না থাকে তবে তার কারণ খুঁজে বের করতে হবে। বস্তুটির সাথে সংযুক্ত রশি বা স্লিংগ সমূহের দৈর্ঘ্য কমিয়ে বাড়িয়ে এবং ক্রেনের হুকটির স্থান পরিবর্তন করে ওজনকে ব্যালেন্স করে নিতে হয়। কোন যন্ত্রাংশকে তার যন্ত্র হতে আলাদা করে তুলার সময় প্রথম দিকে বিশেষ সাবধানতা অবলম্বন করা প্রয়োজন, নতুবা ক্ষতির সম্ভাবনা আছে। যদি সকল নাট–বোল্ট, ফ্লেঞ্জ বা অন্যান্য বাঁধন মুক্ত করার পরও উপরের দিকে উঠতে না চায় বা একটু খানিক উঠে আর উঠতে না চায় তাহলে বুঝতে হবে ভিতরের কোন অংশ আটকে আছে বা বাধা প্রাপ্ত হচ্ছে। সেই সময় অধিক শক্তি প্রয়োগ করা অনুচিত। ক্রেনের সাথে সংযুক্ত স্লিংগসের উপর চাপ দিলেই বুঝা যাবে যে যথেষ্ট টেনসন বা টান আছে কিনা। যন্ত্রাংশটিকে সমান্তরাল ভাবে না উঠালেও

এমনটা ঘটতে পারে। যন্ত্রাংশকে টানের উপর রেখে হাত অথবা অন্য কোন কিছুর সাহায্যে ঝাঁকুনি দিলে বা ঠেলা দিলে বুঝা যায় যে যন্ত্রাংশটি মুক্ত আছে কিনা। প্রায় একশত মিলিমিটার উপরে উঠে গেলে নিরাপদ বলে ধরে নেয়া যায়।

কোন ভারী যন্ত্রাংশ বা বস্তুকে মুক্ত অবস্থায় খাড়া উপরের দিকে না তুলে যদি আড়াআড়ি ভাবে তোলা হয় তবে উহা ঝুলে গিয়ে পার্শ্ববতী জিনিষ বা মানুষকে আঘাত করতে পারে। আবার ক্রেন দ্বারা কোন বস্তুকে হস্তান্তর করার সময় হঠাৎ থামাবার চেষ্টা করলেও বস্তুটি ঝুলে (Swing) গিয়ে অন্য কিছুকে আঘাত করার সম্ভাবনা থাকে। বস্তু যত ভারী হবে ততবেশী শক্তিতে আঘাত করবে। সে জন্য বস্তু হস্তান্তরের সময় ধাপে ধাপে গতি দিতে হবে এবং ধাপে ধাপে থামাতে হবে। অনেক সময় ভারী বা গুরুত্বপূর্ণ যন্ত্র বা যন্ত্রাংশ হস্তান্তর করার সময় বস্তুকে দুদিক থেকে রশি দিয়ে টানা দিয়ে রাখা হয় যাতে এর গতিকে সহজে আয়ত্তের মধ্যে রাখা যায়।

রিগিং কাজ শেষ হয়ে গেলে ক্রেন থেকে বস্তু বা যন্ত্রাংশকে সম্পূর্ণ মুক্ত করে দিতে হবে। কাজ অসমাপ্ত অবস্থায় থেকে গেলেও বস্তুকে ক্রেনের মধ্যে ঝুলন্ত বা আবদ্ধ রেখে যাওয়া নিষিদ্ধ। এই রূপ পরিস্থিতিতে বস্তুকে সুবিধাজনক উপায়ে সাময়িক ভাবে আলাদা করে রাখার ব্যবস্থা করতে হবে।

নিরাপত্তা (Safety) ঃ-

কল কারখানায় বিভিন্ন কারণে দুর্ঘটনা ঘটে থাকে। নিরাপত্তা বিধানে দুর্ঘটনার হার বা মাত্রা যথেষ্ট পরিমাণে কমানো সম্ভব। এই নিরাপত্তা বিষয়টাকে আমরা তিন ভাগে ভাগ করতে পারি। যেমন-

১। মানুষের নিরাপত্তা (Safety of the man)

২। মেসিনের নিরাপত্তা (Safety of the machine)

৩। কারখানার নিরাপত্তা (Safety of the Industry)

তিন ভাগে বিভক্ত করলেও একটির সাথে অন্যটি জড়িত বা একটি অন্যটির উপর নির্ভরশীল।

বিবিধ

মানুষের নিরাপত্তা বলতে যারা মেসিন চালায়, মেরামত করে এবং তত্তাবধান করে এমন লোক বা কর্মীর নিরাপত্তা বুঝায়। একজন অপারেটর একটি যন্ত্রকে কিভাবে চালাতে হবে যদি এ বিষয়ে তার ভাল জ্ঞান না থাকে তবে যন্ত্রটি নষ্ট হবার যেমন সম্ভাবনা থাকে অপরদিকে অপারেটরও দুর্ঘটনার সম্মুখীন হতে পারে। যন্ত্র মেরামতে সঠিক জ্ঞান না থাকলে যন্ত্রটির ক্ষতি করা ছাড়াও মেরামতকারী আঘাত প্রাপ্ত হতে পারে। অতএব সঠিক কাজে সঠিক জ্ঞান থাকা নিরাপত্তার একটি বিধান। আবার সঠিক জ্ঞান থাকলেই চলবেনা, কাজের সময় সতর্কতাও অবলম্বন করতে হবে। অবহেলা এবং অসাবধানতার কারণেও অনেক দুর্ঘটনা ঘটে থাকে। কোন একটি কাজে যন্ত্রটিকে বন্ধ করে নেয়া উচিত। কিন্তু দেখা যায় যে কোন কারিগর চলন্ত অবস্থায় কাজটি করার সাহস দেখাচ্ছে। উপরের পাইপ লাইন বা কোন একটি ভাল্ব মেরামতের জন্য মাচা তৈরী করা হয়ত প্রয়োজন। কিন্তু ফোরম্যান হয়ত বলবে যে একটি বাঁশের উপর দাড়িয়েই একাজ করা যায়। হয়ত করা যায়, কিন্তু এটা নিরাপত্তার নিয়মের বাইরে। কোন এক সময় এই অবহেলার জন্য সত্যি দুর্ঘটনা ঘটে যাবে। সুতরাং কোন বিষয়ে ঝুকি নিয়ে কাজ করা বোকামি। কারণ কোন প্রকার দুর্ঘটনা ঘটে গিয়ে বিপত্তি ঘটলে বা কোন কর্মী মারা গেলে তাকে ফিরিয়ে আনা সম্ভব নয়। একটি যন্ত্র নষ্ট হলে বা দেরীতে চালালে তেমন কিছু আসে যায় না। মনে রাখতে হবে যে একটি জীবনের মূল্য একটি যন্ত্রের মূল্যের চেয়ে অনেক বেশী। তাই মানুষের নিরাপত্তা বিধান করা প্রধান ও প্রথম কাজ। এ বিষয়ে আমাদের দেশে যথেষ্ট অবহেলা দেখা যায়। আমাদের দেশের কর্মীদের মধ্যে বেশীর ভাগ লোকের শিক্ষা ও জ্ঞানের অভাব আছে, তাই তাদের ভুল করা বা অবহেলা প্রদর্শন করা স্বাভাবিক। যেমন তাদেরকে বলে দেয়া হল যে ঢিলা কাপড় বা চাদর গা দিয়ে কোন ঘূর্ণায়মান যন্ত্র চালাতে যাবে না। কিন্তু দেখা যাবে যে কয়েকদিন নিয়ম পালনের পর সে তার ইচ্ছামত ঢিলা কাপড় পড়ে এসেছে বা চাদর গা দিয়ে যন্ত্রটি চালাতে গিয়েছে এবং নিয়মিত এভাবে চালিয়ে যাচ্ছে। হয়তবা একদিন যন্ত্রের চাকা বা সাফ্টের সাথে চাদর জড়িয়ে গিয়ে তার জীবন নাশ হতে পারে। এই ক্ষেত্রে ঐ কর্মী যতটা দায়ী তেমনি ঐ কারখানার সুপারভাইজার বা উপরের কর্মকর্তারাও দায়ী। সাধারণ কর্মীদেরকে নিরাপত্তা সম্পর্কে বুঝান, নিরাপত্তার নিয়ম কানুন পালন করা হচ্ছে কিনা লক্ষ্য রাখা এবং অমান্যকারীকে সতর্ক করা বা জরিমানা করা উর্দ্ধতন কর্মচারীদের দায়িত্ব। আমাদের দেশে এই বিষয়ের উপরে গুরুত্ব কম বলে

দুর্ঘটনার হারও বেশী। উন্নত দেশগুলিতে প্রত্যেক কল কারখানায় নিরাপত্তার উপর বিশেষ জোর দেয়া হয় এবং নিরাপত্তা বিধান ও তত্ত্বাবধানের জন্য আলাদা বিভাগ এবং লোকজন নিয়োজিত থাকে। তাছাড়া সরকারও এ বিষয়ের উপর প্রখর দৃষ্টি রাখে। নিরাপত্তা বিভাগের দায়িত্ব হল মানুষ, যন্ত্র এবং বিশেষ করে কারখানার নিরাপত্তা বিধান করা। কারখানার পরিষ্কার পরিচ্ছন্নতা রক্ষা করা হচ্ছে কিনা, কোথাও তেল বা দাহ্য পদার্থ পড়ে আছে কিনা, অগ্নি নির্বাপক যন্ত্রপাতি সঠিক ভাবে সঠিক স্থানে মওজুদ আছে কিনা ইত্যাদি বিষয়ে লক্ষ্য রাখা ও ব্যবস্থা করা কারখানা নিরাপত্তার অন্তর্ভুক্ত। যন্ত্রের নিরাপত্তা বলতে বুঝায় যে একটি যন্ত্র চালাবার পূর্বে এবং চলার সময় যে সব নিয়ম মেনে চলা দরকার, যেমন চালাবার পূর্বে লুব্রিকেটিং তেল বা কোলিং করার পানি ইত্যাদি সঠিক পরিমাণে আছে কিনা দেখা; চলার সময় তাপমাত্রা, কম্পন ইত্যাদি দেখা; সঠিক ভাবে মেরামত কার্য সম্পাদন করা এবং এই সব কাজে নিরাপত্তার নিয়ম কানুন মেনে চলা। কল কারখানায় কি কি ধরণের যন্ত্রপাতি ব্যবহার করা হয়েছে এবং এগুলির মাধ্যমে কি কি ধরণের দুর্ঘটনা ঘটার সম্ভাবনা আছে আগে থেকে তা বিচার বিশ্লেষণ করে নিরাপত্তা বিধান সম্ভব। নিরাপত্তা ব্যবস্থাকে উন্নতিকরণের জন্য নিম্নলিখিত বিষয় সমূহের গুরুত্ব অপরিসীমঃ

১। কারখানার কর্মকর্তা থেকে সাধারণ কর্মী পর্যন্ত সকলের নিরাপত্তা রক্ষার বিষয়ে সদিচ্ছা, আগ্রহ ও প্রচেষ্টা থাকা দরকার।

২। সকল কর্মীদের নিরাপত্তার বিষয় সমূহ, আইন কানুন ও দুর্ঘটনা রোধ করার নিয়মাবলী সম্পর্কে অবহিত করা এবং প্রশিক্ষণ দেয়া আবশ্যক।

৩। কারখানার বিভিন্নস্থানে সাবধানতা অবলম্বনের উপর সাইনবোর্ড বা নোটিশ বোর্ড থাকা উচিত। বিপজ্জনক এলাকা সমূহে বিপজ্জনক লেখা প্লেট (Danger plate) ঝুলান থাকা প্রয়োজন।

৪। কারখানার ভিতর যেখানে সেখানে ধূমপান নিষিদ্ধ করণ করা উচিত।

৫। বিপদ ঘটতে পারে এমন সব জিনিষ–পত্র কারখানার ভিতর হতে সরিয়ে রাখাই ভাল।কারখানার ফ্লোর ও মেসিনপত্র পরিচ্ছন্ন রাখা বাঞ্ছনীয়।

৬। পূর্ববর্তী দুর্ঘটনা সমূহের কারণ বিশ্লেষণ করে ভবিষ্যতের জন্য ব্যবস্থা গ্রহন করা আবশ্যক।

৭। যেসব স্থান বা যন্ত্রে নিরাপত্তার অভাব আছে বলে মনে হবে সেখানে নিরাপদ অবস্থার সৃষ্টি করতে হবে। তাছাড়া বিপজ্জনক স্থান এবং যন্ত্রপাতিকে রেল বা গার্ডার দিয়ে ঘেরাও করে রাখা আবশ্যক। বেল্ট যুক্ত যন্ত্রপাতির বেল্টের অংশটুকু অবশ্যই জালি বা গার্ডার দিয়ে নিরাপদ অবস্থায় রাখতে হবে।

৮। প্রশাসন কর্মকর্তাদের নিয়মিত এই বিষয়ে খোঁজ খবর নিতে হবে, সরজমিনে পরীক্ষা (Inspection) করে দেখতে হবে এবং প্রয়োজনীয় ব্যবস্থা গ্রহণ করতে হবে।

৯। কারখানায় অগ্নিনির্বাপক বিভাগ বা ব্যবস্থা থাকা দরকার। নির্দিষ্ট স্থান সমূহে অগ্নি নির্বাপক যন্ত্রপাতি, অগ্নি নির্বাপক গ্যাস সিলিন্ডার, পানির পাইপ এবং বালির বালতি, শাবল ইত্যাদি মওজুদ রাখতে হবে।

১০। যে কোন স্থানে বিপজ্জনক অবস্থা দেখা দিলে, দুর্ঘটনা ঘটলে, অগ্নি সংযোগ হলে সাথে সাথে সকল বিপদ সংকেত বা সাইরেন ধ্বনি দ্বারা সতর্ক করতে হবে। বিপদকে আয়ত্তে আনার জন্য সর্ব প্রকার চেষ্টা করা ও সেইরূপ ব্যবস্থা রাখা অত্যাবশ্যক। কারখানায় প্রাথমিক চিকিৎসার ব্যবস্থা রাখা বাঞ্ছনীয়।

কল কারখানায় কর্মরত প্রত্যেক ব্যক্তির নিজস্ব নিরাপত্তার ব্যবস্থা নিজেকেই প্রথমে নিতে হবে। নিরাপদ অবস্থায় কাজ করার জন্য কি কি ব্যবস্থা থাকা প্রয়োজন তা জানতে হবে এবং কোন কিছুর অভাব দেখলে তা উর্দ্ধতন কর্মচারীকে জানাতে হবে। নিরাপত্তার নিয়ম ও সকল আইন কানুন সম্পর্কে প্রত্যেক কর্মচারীর স্বচ্ছ জ্ঞান থাকা উচিত। কাজ করার সময় নিজের নিরাপত্তা সম্পর্কে নিজে খেয়াল না রাখলে বিপদ এড়ানো সম্ভব নয়। কোন কাজ বা যন্ত্র সম্পর্কে ভালভাবে না জেনে সে কাজে হাত দেয়া উচিত নয়। কেউ যদি বলে আমার নিরাপত্তার নিয়ম কানুন জানা ছিল না বা যন্ত্রটি সম্পর্কে আমার জ্ঞানের অভাব ছিল, এতে কোন লাভ নেই। মানুষের কাছে অজুহাত খাড়া করান যেতে

পারে কিন্তু যন্ত্রের কাছে নয়। বিপদ তাকে যেকোন সময় গ্রাস করতে পারে। অতএব প্রত্যেকে যেকোন কাজ কর্মের বিষয়ে নিজের নিরাপত্তার জন্য নিজেকে সজাগ রাখতে হবে। নিরাপত্তার জন্য ব্যক্তিগত ভাবে কি কি বিষয়ে সাবধানতা অবলম্বন করা প্রয়োজন তার সাধারণ নিয়ম কানুন সম্পর্কে নীচে বর্ণনা দেয়া হলঃ

১। যে কোন যন্ত্রপাতি, কাজ বা দায়িত্ব সম্পর্কে ভালভাবে না জেনে সেই কাজে প্রবৃত্ত হওয়া ঠিক নয়।

২। কোন যন্ত্রের চালনা বা ব্যবহার পদ্ধতি না জেনে তাতে হাত দেয়া বা চালাবার চেষ্টা করা অন্যায়। কোন যন্ত্রে মেরামত কার্য্য শুরু করার আগে উহা বন্ধ আছে কিনা নিশ্চিত হতে হবে। এমনকি ঐ যন্ত্রের বা উহার চালক যন্ত্রের সাথে দেয় বৈদ্যুতিক সংযোগ বিচ্ছেদ করা বা সুইচ অফ করা এবং প্রয়োজনে যন্ত্রটিকে বৈদ্যুতিক আর্থিং (Electrical earthing) করে নেয়া উত্তম।

৩। ঢিলা জামা কাপড় অর্থাৎ লুঙ্গি, পাঞ্জাবী, কোট, টাই, মাফলার, চাদর ইত্যাদি পরিধান করে কল-কারখানায় চলাফেরা করা, কোন যন্ত্র চালনা করা বা কোন মেরামত কাজ করা অনুচিত। নির্ধারিত আটসাট পোষাক, ইউনিফরম (Unifirm), এপ্রন (Apron), অভার-অল (Overall) জাতীয় পোষাক পড়ে কাজ কর্ম করা উচিত।

৪। খালি পায়ে বা সেন্ডেল পড়ে কারখানায় চলাফেরা করা বা কাজকর্ম করা ঠিক নয়। মজবুত জুতা, বোটস বা নিরাপত্তা জুতো (Safety shoes) পরিধান করা উত্তম।

৫। বিশেষ কাজে প্রয়োজন অনুসারে চোখে নিরাপত্তা গগল্স (Safety Goggles) পড়া উচিত। যেমন গ্রাইন্ডিং কাজ করার সময়, কোন বিষাক্ত দ্রব্য, এসিড ইত্যাদি নাড়াচাড়া করার সময় নিরাপত্তা গগল্স পড়তে হয়।

৬। কাজ অনুসারে সুতার হাত মোজা, রাবারের হাত মোজা বা হ্যান্ড গ্লোভস (Hand gloves) পড়া দরকার হয়। কোন ধারাল জিনিষ বা উত্তপ্ত

জিনিষ ধরা অথবা নাড়াচাড়া করার সময় চামড়ার বা এসবেটস জাতীয় হ্যান্ড গ্লোভস পড়া বাঞ্ছনীয়।

৭। বিশেষ কাজ বা বিশেষ স্থানে কাজ করার সময় মাথায় হেলমেট (Helmet) ব্যবহার করা দরকার। যেমন উপরে কোন কাজ হচ্ছে তার নীচে দাড়িয়ে সাহায্য করা বা কোন কাজ করার সময়, ক্রেন দ্বারা ভার উত্তোলন কার্য্য সম্পাদনের সময় বা এমন কোন কাজ যেখানে মাথায় আঘাত লাগার সম্ভাবনা আছে তেমন সময় হেলমেট ব্যবহার জরুরী। সাধারণ নিরাপত্তা নিয়ম অনুসারে কারখানার ভিতর চলাফেরার সময় প্রত্যেকে হেলমেট ব্যবহার করার নির্দেশ আছে।

৮। উপরে বা কোন অস্থায়ী মাচা, স্কেফল্ডিং (Scafolding), কোন পাইপ বা চেনেলের উপর দাড়িয়ে কাজ করার সময় কোমরের সাথে একটি লুজ রশি বেধে তাহা নিকটবর্তী শক্ত পাইপ বা দেহের ওজন বহন করতে পারে এমন কোন জিনিষের সাথে বেঁধে রাখতে হবে। এরূপ ব্যবহার উপযোগী নিরাপত্তা বেল্ট (safety belt) পাওয়া যায় যা সুবিধাজনক কোন স্থানে বা স্কেফলডিং'এর কোন অংশে হুক দ্বারা আটকে রাখা যায়। যাক রাশি বা নিরাপত্তা বেল্ট বা এই জাতীয় এমন কোন ব্যবস্থা নিতে হবে যেন কাজ করার সময় পা পিছলে অথবা অন্যমনস্কতার কারণে পড়ে গেলে ঝুলে থাকা যায় এবং মারাত্মক দুর্ঘটনার হাত থেকে রক্ষা পাওয়া যায়। দেড় থেকে দুই মিটার উপরে উচু কোন স্থানে কাজ করতে হলে শক্ত মাচা বা স্কেফল্ডিং তৈরী করতে হয়। কাজ অনুসারে মাচার প্রকৃতি ও সাইজ নির্ভর করবে স্কেফল্ডিং ও প্লাটফর্মের চারিদিকে ঘেরাও দেয়ার ব্যবস্থা করা যেতে পারে। হালকা কোন কাজ হলে মই ব্যবহার করা যেতে পারে। তবে মইটিকে কোন কিছুর সাথে আটকে রাখা বা বেধে নেয়া শ্রেয়। মইয়ের নীচের অংশে রাবার পেড থাকা ভাল। নতুবা কোন কাঠের পেগ বা ঠিকা দিতে হবে অথবা কেউ মইকে নীচে থেকে শক্ত হাতে ধরে রাখতে হবে।

৯। কোন ভারী কাজ, হাতুড়ী পেটান বা কোন কিছু ছুটে এসে লাগতে পারার সম্ভাবনা থাকলে এমন জায়গায় অকারণে দাড়িয়ে থাকা ঠিক নয়। যদি প্রয়োজন থাকে তবে সেইরূপ ব্যবস্থা গ্রহণ বা সাবধানতা অবলম্বন করতে

হবে। কারখানার ভিতর দ্রুত হাটা, দৌড়ান বা বেখেয়াল হয়ে চলাফেরা করা ঠিক নয়।

১০। যে কোন মেরামত কাজ করার সময় বা কোন যন্ত্র পরিচালনার সময় অন্যের সাথে গল্প করা ঠিক নয়। প্রয়োজন মনে করলে কাজ রেখে বা যন্ত্র থামিয়ে কথা শেষ করা শ্রেয়। মেসিন ঘরে অন্যের সাথে হাসি তামাসা বা হাতাহাতিতে লিপ্ত হওয়া অনুচিত।

১১। কার্য্য স্থান পরিষ্কার পরিচ্ছন্ন রাখা এবং কাজ শেষে যন্ত্রপাতি ও অন্যান্য জিনিষপত্র সরিয়ে সঠিক স্থানে রাখা নিরাপত্তার একটি অঙ্গ। তৈল, গ্রীজ এই জাতীয় কোন জিনিষ কর্মস্থান ও মেঝে থাকলে তা মুছে পানি দিয়ে পরিষ্কার করতে হবে যাতে পিছলিয়ে পড়ার সম্ভাবনা না থাকে।

১২। মেসিন ঘরে বা কার্য্য স্থানে পর্যাপ্ত আলোর ব্যবস্থা থাকা দরকার। মেরামত কাজের সময় সঠিক স্থানে আলোর অভাব দেখা দিলে হ্যান্ড ল্যাম্প (Hand lamp) বা টর্চের আলোর ব্যবস্থা করা যেতে পারে। কম আলোতে অনুমানে কাজ সমাপ্ত করার চেষ্টা করা ঠিক নয়।

১৩। কোন বিশেষ যন্ত্র চালাবার জন্য বা উহাতে মেরামত কাজ করার সময় কি কি সাবধানতা ও নিরাপত্তামূলক ব্যবস্থা নেয়া দরকার সে বিষয়ে ঐ যন্ত্রের নির্দেশাবলী পুস্তকের কোন অংশে বা অধ্যায়ে বিবরণ দিয়ে থাকে। তাছাড়া বিশেষ বিশেষ কাজ যেমন ওয়েল্ডিং, রিগিং ইত্যাদি কাজের উপর নিরাপত্তার নিয়মাবলী থাকে। প্রত্যেক দায়িত্ববান ব্যক্তির এইসব নির্দেশাবলী ও নিয়মাবলী সম্পর্কে জ্ঞান থাকা দরকার এবং কাজের সময় কোন সন্দেহ থাকলে পুনরায় তা দেখে সঠিক নিরাপত্তা নিয়ম অনুসরণ করা উচিত।

১৪। ত্রুটিপূর্ণ হাতিয়ার, অকেজো বা বাতিল যন্ত্রপাতি দিয়ে মেরামত করা অনুচিত। এতে বিপত্তি ঘটার সম্ভাবনা থাকে।

১৫। যে কোন প্রকার আঘাত পেলে, কেটে গেলে, পুড়ে গেলে বা যে কোন প্রকার যখম হলে অবহেলা না করে প্রাথমিক চিকিৎসা নেয়া উচিত। কাজের সময় অসুস্থবোধ করলে কাজ থেকে বিরত থাকা শ্রেয়।

কলকারখানায় বিশেষ কিছু স্থান বা যন্ত্র থাকতে পারে যেখানে মেরামত কাজ করার জন্য অতিরিক্ত নিরাপত্তা ব্যবস্থা নিতে হয়। যেমন কোন ট্যাঙ্ক (Tank), বড় পাইপ লাইন, টানেল (Tunnel), কূপ (Well), কনডেন্সার (Condenser), বয়লার (Boiler) ইত্যাদির ভিতর কাজ করার আগে অবশ্যই উপযুক্ত কর্তৃপক্ষের নিকট হতে অনুমতি নিতে হবে। যন্ত্রটির সাথে সংযুক্ত সব লাইন এবং ভাল্ব বন্ধ করা হয়েছে কিনা এবং উহাকে সম্পূর্ণ খালি করা হয়েছে কিনা তাহা পরিচালন এবং সংরক্ষণ উভয় বিভাগ কর্তৃক পরীক্ষা করে দেখতে হবে। ঐ যন্ত্র বা আধারের সব ঢাকনা, ম্যানহোল কভার (Manhole cover), ভেন্ট (Vent line) ইত্যাদি খুলে দিয়ে মুক্ত বাতাস প্রবাহের ব্যবস্থা করতে হবে। প্রয়োজনে কোন ফ্যান বা ব্লোয়ার (Blower) দ্বারা বায়ু প্রবাহের ব্যবস্থা করা যেতে পারে। তেলের ট্যাঙ্ক, কোন দাহ্য গ্যাস বা বিষাক্ত পদার্থের আধার হলে তাকে চাপযুক্ত নিষ্ক্রিয় গ্যাস (Inert gas) যথা নাইট্রোজেন, কার্বণ ডাই অক্সাইড (Carbon dioxide) বা বিধি মোতাবেক অন্যান্য গ্যাস, বায়ু বা উপযুক্ত তরল পদার্থ দ্বারা নিষ্কাশিত বা ধৌত করে নেয়ার প্রয়োজন আছে। এইসব আধারের ভিতর প্রবেশ করার আগে দ্রুত বের হয়ে আসার ব্যবস্থা অর্থাৎ সিড়ি, মাচা বা নিকটবর্তী ম্যানহোল দিয়ে বের হবার রাস্তা খোলা আছে কিনা দেখে নিতে হবে। ভিতরে একের অধিক লোক যাওয়া উচিত এবং বাহিরে অন্তত একজন লোক মোতায়েন থাকতে হবে যে ভিতরের কর্মীদের সাথে যোগাযোগ রক্ষা করতে পারে। এই ধরণের কাজে টর্চ বা বহনযোগ্য হ্যান্ড ল্যাম্প (Portable hand lamp) ব্যবহারই উপযুক্ত। বৈদ্যুতিক বাতি ব্যবহার না করাই উচিৎ। আর যদি করা হয় তবে ট্রান্সফরমার দ্বারা ভোল্টেজ কমিয়ে নিতে হবে। সাধারণত ১২-৪৮ ভোল্টেজের মধ্যে বৈদ্যুতিক আলো ব্যবহার করার বিধান আছে। যদি এইরূপ আধার বা পাইপের ভিতর ওয়েল্ডিং করার প্রয়োজন পড়ে তবে উপযুক্ত ব্যবস্থা গ্রহণের মাধ্যমে ১১০-২২০ ভোল্টেজের লাইন ব্যবহার করা যাবে। যেমন একজন ব্যক্তি বাহির থেকে সুইচ হাতে এমন স্থানে অবস্থান করবে যেন ভিতরের র্মীর আওয়াজ শুনতে পারে বা ইঙ্গিত দিলে দেখতে পারে। যে কোন অসুবিধা দেখামাত্র বৈদ্যুতিক সুইচ অফ করে দিবে। ওয়েল্ডিং রড পরিবর্তনের সময় সুইচ অফ করে নেয়া ভাল। ওয়েল্ডিং কার্য্য থেকে উদ্ভুত ধূয়া ও গ্যাস ভিতরে আবদ্ধ অবস্থায় থেকে শ্বাসরূদ্ধকর পরিবেশ সৃষ্টি করে থাকে। সে জন্য ফ্যান বা ব্লোয়ারের মাধ্যমে বায়ু প্রবাহের সৃষ্টি করতে হবে। অবস্থাদৃষ্টে অক্সিজেন সিলিন্ডার ব্যবহার

করা যেতে পারে। এই জাতীয় আধার, পাইপ বা ট্যাঙ্কে কাজ করার পর সব যন্ত্রপাতি, দ্রব্যাদি সড়িয়ে নিয়ে ঐ স্থান পরিষ্কার করে নিতে হবে। বন্ধ করার আগে পুনরায় কোন দায়িত্ববান ব্যক্তি বা প্রকৌশলী পরিদর্শন করে দেখবে যে কোন বস্তু বা ব্যক্তি ভিতরে নাই।

কারখানার ভিতর বা যে কোন স্থানে খোলা বৈদ্যুতিক তার নজরে পড়লে তা না ধরে উৎপত্তি স্থল কোথায় তা দেখা আবশ্যক। যদি কোন যন্ত্র বা লাইনের সাথে সংযুক্ত আছে দেখা যায় তবে দায়িত্বশীল ব্যক্তি বা ইলেক্ট্রিসিয়ানকে খবর দিতে হবে। বৈদ্যুতিক লাইন বা কোন সংযোগস্থলে স্পার্কিং হতে দেখলে সাথে সাথে তার মেইন সুইচ বন্ধ করে দিতে হবে এবং উর্ধ্বতন ব্যক্তিকে জানাতে হবে। কোন যন্ত্র হতে বৈদ্যুতিক সংযোগ খুলে নেয়ার পর ঐ সব তারের মাথা ইনসুলেটিং টেপ দ্বারা মুড়িয়ে রাখতে হবে যদিও মেইন সুইচ বন্ধ থাকে। বিশেষ প্রয়োজন ছাড়া ম্যাকানিকাল ফোরম্যান বা ফিটারদের বৈদ্যুতিক কাজে হাত দেয়া উচিতনয়।

অগ্নি প্রতিরোধ ও প্রতিরক্ষা (Fire prevention and protection)ঃ– কল কারখানা, ওয়ার্কসপ, ষ্টোর ইত্যাদি স্থানে অগ্নি প্রতিরোধ ও প্রতিরক্ষার (Fire prevention & protection) ব্যবস্থা রাখা অত্যাবশ্যক। এমনকি দোকান–পাট বাড়ীঘর অর্থাৎ সর্বত্র এরূপ ব্যবস্থা থাকা উচিৎ। কেননা আগুন অতি অল্প সময়ে সর্বগ্রাসীরূপ ধারণ করে জান ও মালের প্রচুর ক্ষতি করে। কোটি টাকার সম্পদ নিমিষে ধ্বংস করে। তাই অগ্নিকে প্রতিরোধ করার জন্য আগে থেকে ব্যবস্থা গ্রহণ করলে এবং প্রতিরক্ষার বিষয়ে সজাগ থাকলে অধিকাংশ ক্ষেত্রে বিপদ ও ক্ষতি থেকে বাঁচা সম্ভব। এর ব্যবস্থাপনায় যে সামান্য টাকা খরচ হয় তা ব্যয় করতে কৃপণতা দেখান ঠিক নয়। যে সব কারণ থেকে অগ্নি সংযোগ বা বিস্তার হওয়ার সম্ভাবনা থাকে সে সব বিষয়ে সতর্কতা ও প্রতিরক্ষা ব্যবস্থা গ্রহণ করতে হবে। এই বিষয়ে অবহেলা প্রদর্শন করলে কোন এক সময় বড় রকমের খেসারত ও লোকসান দিতে হতে পারে।

বিভিন্ন কারণে আগুন লেগে থাকে; যেমন– আগুন ব্যবহারে অসাবধানতা, দাহ্য·বস্তু বা তরল পদার্থ, কেরোসিন, পেট্রোল, দেয়াশলাই ইত্যাদি ব্যবহারে সতর্কতা অবলম্বন না করা বা যেনতেন ভাবে নাড়াচাড়া করা, নিষিদ্ধ এলাকায় ধূমপান করা ও সিগারেটের জলন্ত অবশিষ্টাংশ যেখানে সেখানে ছুঁড়ে ফেলা, ত্রুটি যুক্ত বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতি এবং বৈদ্যুতিক হিটার ব্যবহার, দাহ্য পদার্থ ও আবর্জনা সঠিক স্থানে না রাখা, খোলা অগ্নি শিখা স্থানান্তর ও আগুন নিয়ে খেলা করা।

এছাড়া ইন্ডাষ্ট্রিতে অন্য কিছু কারণ থেকেও আগুন লেগে থাকে, যেমন কোন যন্ত্রের বিয়ারিং অতিরিক্ত গরম হয়ে যাওয়া,বেল্টের অতিরিক্ত ঘর্ষণ থেকে উত্তপ্ত হওয়া, গ্রাইন্ডিং এবং ওয়েল্ডিং'এর স্ফুলিং থেকে, গ্যাস বা তেলের লাইন লিক হয়ে উত্তপ্ত বস্তুর সংস্পর্শে এলে, যে সব যন্ত্র বা পাইপ লাইনে ইনসুলেসন দরকার সেখানে তা না থাকা বা অপর্যাপ্ত থাকা, ক্রটিযুক্ত বৈদ্যুতিক সংযোগ ও ক্রটিপূর্ণ ওয়্যারিং।

যে সব কারণে আগুন লেগে থাকে বা লাগার সম্ভাবনা আছে অর্থাৎ উপরে যে সব কারণগুলি সম্পর্কে বলা হল সেসব যেন না ঘটে সে বিষয়ে সতর্ক থাকতে হবে এবং সংশ্লিষ্ট সকল ব্যক্তিকে সাবধান করে দিতে হবে। কারখানার ভিতর খোল্য অগ্নিশিখা না জ্বালানই ভাল। গ্যাস ওয়েল্ডিং বা ইলেকট্রিক ওয়েল্ডিং কাজ শুরু করার আগে অগ্নি নির্বাপক সিলিন্ডার বা বাকেট ভর্তি পানি হাতের কাছে রাখা উচিত।

অগ্নি প্রতিরোধের ব্যবস্থাগুলির মধ্যে প্রথম হল পর্যাপ্ত পরিমাণে অগ্নি নির্বাপক যন্ত্রপাতি ও সরঞ্জামের ব্যবস্থা রাখা। অর্থাৎ পানির বালতি এবং ড্রাম, বালি, সাফল ইত্যাদি এমন স্থানে মওজুদ রাখা যা সহজে সকলের নজরে আসে। এছাড়া বহনযোগ্য নির্বাপক সিলিন্ডার যেমন কার্বণ ডাই অক্সাইড, ফোম, সোডা–এসিড, ইত্যাদি দ্বারা চাপযুক্ত অবস্থায় পূর্ণ সিলিন্ডার কারখানার ভিতর বিভিন্ন স্থানে বিশেষ করে আগুন লাগতে পারে এমন সব দুর্বল স্থান সমূহে মওজুদ রাখতে হবে। এছাড়া বড় বড় ইন্ডাষ্ট্রি ও ফ্যাক্টরীতে অগ্নি নির্বাপক দল, গার্ড এবং ফায়ার ফাইটিং সরঞ্জামাদি অর্থাৎ এই কাজে নিয়োজিত আলাদা বিভাগ রাখা দরকার হয়। এছাড়াও আবার কোন কোন গুরুত্বপূর্ণ ইনডাষ্ট্রির ভিতর অটোমেটিক ফায়ার ডিটেকসন (Automatic fire detection), অটোমেটিক ওয়াটার স্প্রিংলার (Automatic water sprinkler) এবং অটোমেটিক ফায়ার এলার্মের (Automatic fire alarm) ব্যবস্থা থাকে যা স্বয়ংক্রিয়ভাবে অগ্নি প্রতিরোধে সাহায্য করে। এসব সম্ভব না হলেও বড় কলকারখানায় সাধারণ ফায়ার এলার্ম, ফায়ার হোজ ও পানির লাইনের ব্যবস্থা রাখা উচিত। কারখানার সকল ব্যক্তিদের কম বেশী ফায়ার ফাইটিং প্রশিক্ষণ দেয়া বাঞ্ছনীয়।

যন্ত্র সংরক্ষণ বিভাগে কর্মরত ব্যক্তিদের তাদের নিজস্ব নিরাপত্তা এবং কারখানার নিরাপত্তার দিকে খেয়াল রাখা বাঞ্ছনীয়। বিশেষ করে সংরক্ষণ কাজ কর্মের সময় নিরাপত্তার নিয়ম কানুন সমূহ মেনে চলা আবশ্যক।

সপ্তদশ অধ্যায়

সংরক্ষণ ব্যবস্থাপনা
(MAINTENANCE MANAGEMENT)

ব্যবস্থাপনা একটি পদ্ধতি যাহা দ্বারা মাল এবং মানুষকে যথাযথভাবে খাটিয়ে একটি সুনির্দিষ্ট ফল লাভ করা হয়। যে কোন সংস্থা, কারখানা বা ব্যবসা ভাল ব্যবস্থাপনার মাধ্যমে উৎকর্ষতা এবং উন্নতি লাভ করতে পারে। আবার দুর্বল বা ত্রুটিপূর্ণ ব্যবস্থাপনার ফলে লাভজনক ব্যবসা বা কারখানার উৎপাদন ক্ষতিগ্রস্ত হয়ে থাকে। একই জনশক্তি এবং যন্ত্রপাতি ব্যবহার করে ব্যবস্থাপনার গুনে কোথাও লাভ হয় আবার কোথাও ভড়াডুবি হয়। সুতরাং মাল ও যন্ত্রপাতির যথাযথ ব্যবহার ও সংরক্ষণ, এবং কর্মচারীবৃন্দের কর্মশক্তিকে উপযুক্তভাবে কাজে লাগাবার একটি কার্য্যকর পদ্ধতি বা কাঠামো থাকা প্রয়োজন যাহা উৎপাদন বৃদ্ধির সহায়ক হয়। এইরূপ পদ্ধতির নামই ব্যবস্থাপনা বা ম্যানেজমেন্ট (Management)।

একটি ইনডাষ্ট্রিতে যে ব্যবস্থাপনা থাকে তাকে মূলত তিনটি ভাগে ভাগ করা যায়। যথা- প্রশাসন (Adminstration), পরিচালন বা উৎপাদন (Operation or Production), এবং সংরক্ষণ (Maintenance)। ইহা ছাড়া আরো ছোট খাট অনেক বিভাগ থাকে যেমন - নিরাপত্তা ও পাহাড়া (Safety & security), ষ্টোর, ওয়ার্কসপ, হিসাব-রক্ষণ ইত্যাদি। এইসব বিভাগ সুবিধামত প্রধান তিনটি ভাগের আওতাভুক্ত থাকতে পারে ।আবার কোথাও আলাদা বা এর কয়েকটি নিয়ে একটি প্রধান বিভাগও গঠন করা হয়ে থাকে। একটি ভাল ব্যবস্থাপনার জন্য প্রত্যেকটি বিভাগকেই কার্য্যকর পদ্ধতি অবলম্বন করা প্রয়োজন। আমরা এখানে সংরক্ষণ বিভাগের পদ্ধতিগত দিক নিয়েই আলোচনা করব। সংরক্ষণ বিভাগও আবার বিভক্ত থাকে। যেমন যন্ত্র সংরক্ষণ (Mechanical maintenance), বিদ্যুৎ সংরক্ষণ (Electrical maintenance), যন্ত্র -নিয়ন্ত্রন সংরক্ষণ (Instrument and Control maintenance)এবং সংযুক্ত অন্যান্য বিভাগ। তবে সংরক্ষণ বিভাগগুলির

ব্যবস্থাপনা কার্য্যকর পদ্ধতি অনেকটা একই রকম। যাহা হউক এই পুস্তকে সংরক্ষণ পদ্ধতি বা ব্যবস্থাপনা বলতে যন্ত্র সংরক্ষণ সম্পর্কে বলা হয়েছে ধরে নেয়া যেতে পারে।

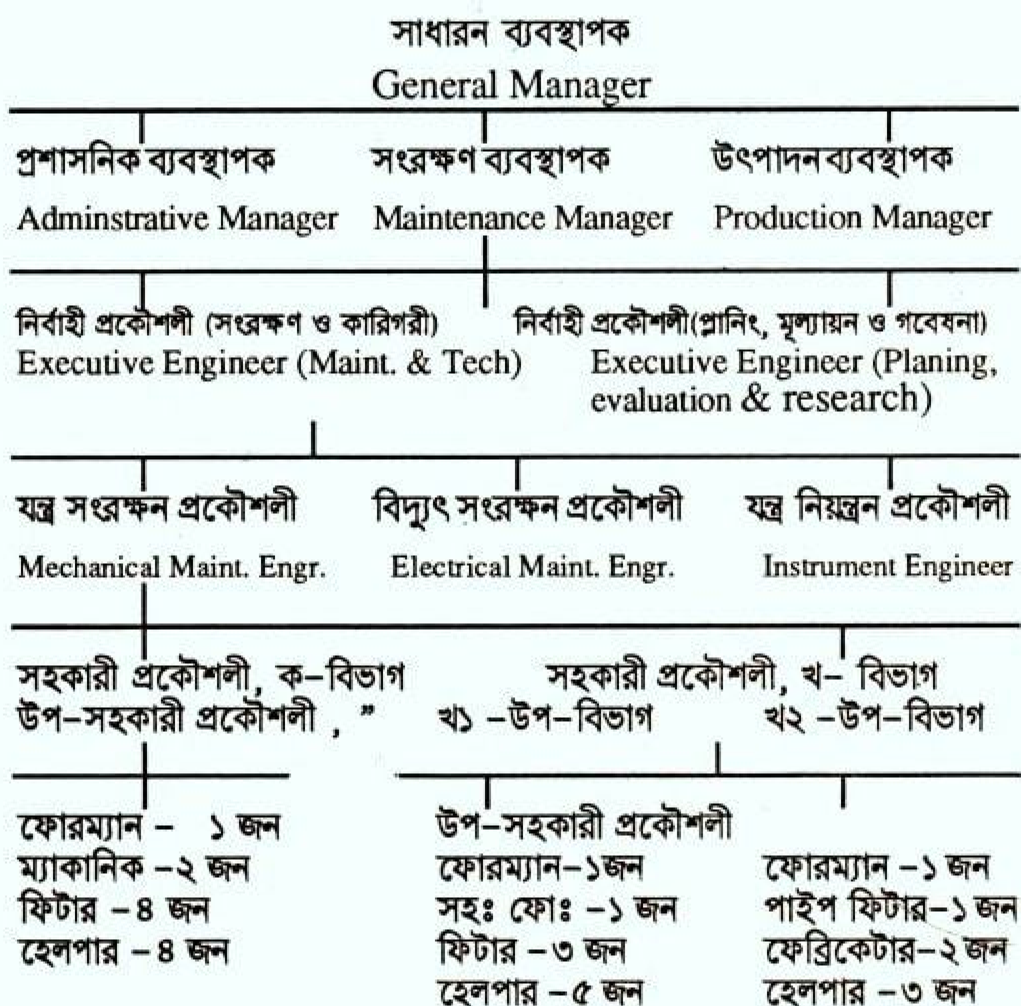
সংরক্ষন বলতে কোন যন্ত্র বা যন্ত্রসমূহকে সচল অবস্থায় রাখার নিমিত্তে মেরামত, যন্ত্রাংশ পরিবর্তন এবং নিয়মিত রক্ষণাবেক্ষনকে বুঝায়। যে ব্যবস্থাপনা এই উদ্দেশ্যকে কার্য্যকর করে তাকে সংরক্ষন ব্যবস্থাপনা (Maintenance management) বলে। সংরক্ষণের উপর নির্ভর করে যন্ত্রের পরিচালন মান ও ব্যবহারিক দীর্ঘতা এবং মোট আয়। সংরক্ষণের উদ্দেশ্য হল যন্ত্রের সার্বিক অবস্থা ভাল রাখা, অধিক কার্য্যক্ষম করা, ঘন ঘন ত্রুটি দেখা দেয়া বা বিকল হয়ে যাওয়া থেকে রক্ষা করা। যে কোন ইনডাষ্ট্রি সুচারুরূপে চলার জন্য সংরক্ষণের গুরুত্ব অনেক এবং ইহা সংস্থার অন্যান্য বিভাগগুলিকেও অনুধাবন করতে হবে। তবে অহেতুক সংরক্ষণ বা অতি সংরক্ষণ দোষনীয়। সংরক্ষণের সময় ও ব্যয় যতটা সম্ভব কমিয়ে রাখার চেষ্টা করতে হবে। একথা মনে রাখা প্রয়োজন যে যন্ত্র স্থাপনের প্রধান উদ্দেশ্য হল ইহাকে অধিক সময় কাজে খাটিয়ে অধিক উৎপাদন করা। সংরক্ষণের নামে বেশী সময় যন্ত্রকে আটকে রাখা বা উৎপাদন স্থগিত রাখা সেই উদ্দেশ্যকে ব্যহত করে। সংরক্ষণ ব্যবস্থাপনা বা সংরক্ষণ গোষ্ঠীকে এই বিষয়টিকে গুরুত্ব সহকারে বিবেচনা করতে হবে।

সংরক্ষণ ব্যবস্থপনার প্রথম বিষয় হল সংশ্লিষ্ট জনশক্তি। জনশক্তির সংখ্যা কত হবে এবং কি ধরনের হবে তা নির্ভর করে কাজের আয়তন এবং কাজের প্রকৃতির উপর। আমাদের দেশের মাঝারি ধরনের একটি কারখানায় সংরক্ষন বিভাগের প্রধান হলেন একজন সংরক্ষণ প্রকৌশলী বা সংরক্ষণ নির্বাহী প্রকৌশলী। তিনি সংরক্ষণ ব্যবস্থাপনার সার্বিক দায়িত্বে থাকেন এবং প্রশাসন ও পরিচালন বিভাগের সাথে যোগাযোগ রক্ষা করে চলেন। তাহার অধীনে ২/৩ জন সহকারী প্রকৌশলী থাকে। সহকারী প্রকৌশলীদের অধীনে এক বা অধিক ফোরম্যান থাকে। প্রত্যেক ফোরম্যানের সাথে সরাসরি কাজ করার জন্য কয়েকজনের একটি দল থাকে যাহার মধ্যে ফিটার, মেকানিক, টেকনিসয়ান, হেলপার ইত্যাদি অর্ন্তভুক্ত থাকে।

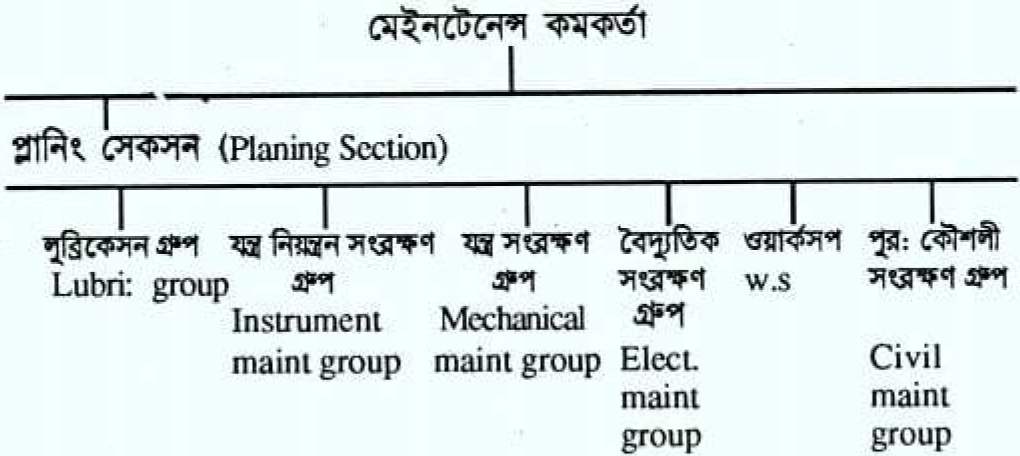
ছোট খাট এমন অনেক ফেক্টরী আছে যেখানে একজন প্রকৌশলী, একজন ফোরম্যান ও তার সাথে ৪/৫ জন কর্মী নিয়ে সংরক্ষণ বিভাগ গড়ে

উঠে। নিম্ন মানের কোন ফ্যাক্টরী বা যেখানে কারিগরী জটিলতা নেই সেখানে শুধু ফোরম্যান বা মেকানিকস ধরনের লোকই নিয়োজিত থাকে। আবার এমন সরকারী সংস্থা বা ইনডাস্ট্রি আছে যেমন বড় বিদ্যুৎ কেন্দ্র, রাসায়নিক কারখানা, তেল পরিশোধন প্লান্ট ইত্যাদি, যেখানে সংরক্ষণ ব্যবস্থাপনা বিভাগ অর্থ শতাধিক লোক সম্বলিত বৃহদাকারের একটি কর্মক্ষেত্র; যেখানে সংরক্ষণ ব্যবস্থাপনা প্রধান একজন ম্যানট্যানেন্স ম্যানেজার (Maintenance manager) বা সুপারিনটেনডেন্ট ইঞ্জিনিয়ার পদের লোক হতে পারেন। তার নীচে ধাপে ধাপে অন্যান্য শাখা, প্রশাখা বিস্তারিত থাকবে। নমুনাস্বরূপ নিম্নে একটি ইনডাস্ট্রির সংরক্ষণ ব্যবস্থাপনার অবস্থান ছকে দেখানো হলঃ

ইন্ডাস্ট্রির ব্যবস্থাপনা ছকের আংশিক নমুনা



ইনডাষ্ট্রি অনুযায়ী এই ছকের ধারা, লোক সংখ্যা,এর কার্য্যক্রম ভিন্ন হতে পারে। কোন কোন স্থানে সংরক্ষন কাজকে সহজ করার জন্য একজন মেইনটেনেন্স কর্মকর্তার অধীনে সরাসরি কয়েকটি ছোট ছোট কর্মী গ্রুপ থাকে যা নীচে দেখানো হল। কাজের পরিমাণ ও গুরুত্ব অনুসারে গ্রুপের কমী সংখ্যা কম বেশী হতে পারেঃ



তবে ছক যে ধরনের হউক না কেন একটি ফলপ্রসূ ব্যবস্থাপনা কাঠামোর (organisation) নিম্নলিখিত গুনাবলী থাকা প্রয়োজনঃ

১। ব্যবস্থাপনা ছক বা কাঠামো যতটা সম্ভব সহজ ও সাধারণ হওয়া উচিৎ।

২। মোট ধাপ (step or level) সংখ্যা বাস্তব প্রয়োজন অনুসারে যতটা সম্ভব কম রাখতে হবে।

৩। প্রতি ধাপের কর্ম নিয়ন্ত্রন ক্ষেত্র (span of control) যতটা সম্বব বেশী রাখতে হবে।

৪। প্রত্যেকের দায়িত্ব এবং কর্মক্ষেত্র নির্দিষ্ট করে দিতে হবে।

৫। দায়িত্বের সাথে ক্ষমতাও হস্তান্তর করতে হবে।

৬। প্রতিটি স্তরের কর্মচারী তার দায়িত্ব ও কর্তব্য পালনে উপযুক্ত এবং অভিজ্ঞ হতে হবে।

৭। প্রত্যেক কর্মচারী তার কাজের জন্য উপরবতী কর্মচারীর নিকট দায়ী থাকবে এবং তার নিম্নবতী কর্মচারীদের নিকট হতে কাজ আদায়ে সুকৌশলী ও নিষ্ঠাবান হতে হবে। আগে শিল্প প্রতিষ্ঠানগুলিতে সংরক্ষণ

কাজের তেমন গুরুত্ব দেয়া হত না। দিনে দিনে কর্মকর্তরা এর মূল্য এবং গুরুত্ব উপলব্ধি করতে পেরেছেন। জরীপ করে দেখা গেছে যে সমপরিমাণ যন্ত্র দ্বারা ভাল সংরক্ষণের ফলে বাৎসরিক ১০–২০% উৎপাদন বৃদ্ধি সম্ভব। দ্বিতীয়ত যন্ত্রের আয়ু যথেষ্ট বেড়ে গিয়ে লাভের পরিমাণ বাড়িয়ে দেয়। তৃতীয়ত সঠিক সংরক্ষণের ফলে যন্ত্র ও মানুষের নিরাপত্তা বিধান করে।

সংরক্ষণ কর্মকান্ডের উন্নতি সাধনের জন্য আমাদের লক্ষ্য দেয়া উচিৎ। বিদেশে এই বিষয়ে যথেষ্ট চেষ্টা নেয়া হচ্ছে এবং পরীক্ষা নিরীক্ষাও চলছে। সংরক্ষণ বিভাগের উন্নতি সাধন অনেক কিছুর উপর নির্ভরশীল। তবে প্রধান যে তিনটি বিষয় সংরক্ষণ কাজের উন্নতি সাধনে অতিসম্ভাবী বলে মনে করা হয় তাহা হল–কর্মী (Man), মাল (Material) এবং হাতিয়ার (Tools)।

এই তিনটি বিষয় উন্নতি সাধনে প্রাথমিক দিকে যে অতিরিক্ত অর্থ ব্যয় হয়, কর্মকর্তারা তাহা বড় করে দেখেন বা খরচ বাচাবার চেষ্টা করেন। কিন্ত এ ধারনা ভুল। সরাসরি চোখে ধরা না পড়লেও প্রকৃতপক্ষে এই খরচ যে লাভ বয়ে আনে তা বুদ্ধিমান মালিক বা কর্তারা স্বীকার করবেন।

কর্মীঃ (Man power)ঃ– আমাদের দেশে সংরক্ষণ বিভাগে যারা কাজ করেন তাদের কর্মদক্ষতা বাড়ানোর চেষ্টা খুব কমই করা হয়। একটি লোক অনেকদিন কাজ করে যে অভিজ্ঞতা সঞ্চয় করে উহাই তাহার সম্বল। শিক্ষক ও উৎসাহের অভাবে অনেকের পক্ষে এ অভিজ্ঞতা অর্জন সহজ হয় না। যারা কাজ জানেন ও বুঝেন তাদের অনেকেই অন্যকে শেখাতে অনীহা প্রকাশ করে থাকেন। এই মনোভাব দূর করা উচিৎ। অভিজ্ঞতা অর্জন হয়ত সময় সাপেক্ষ, কিন্তু কর্মীদের দক্ষতা প্রশিক্ষনের মাধ্যমে অল্প সময়ে বাড়ানো সম্ভব। এজন্যে মাঝে মাঝে বা সময় সুযোগে কর্মীদের জন্য প্রশিক্ষনের (Training) ব্যবস্থা করতে হবে। প্রথমতঃ সাধারণ সংরক্ষণ কাজের নিয়ম কানুন ; যেমন কিভাবে বিয়ারিং বদলাতে হয়, কিভাবে গ্রাইন্ডিং করতে হয়, কিভাবে গ্যাসকেট কাটতে হয় ইত্যাদি শিক্ষা দেয়া দরকার। দ্বিতীয়তঃ যে সকল মেসিনে তাকে কাজ করতে হবে তার কার্য্যপদ্ধতি ও গঠন প্রকৃতি কি এই বিষয়ে অভিহিত করা উচিৎ। এইসব যন্ত্রে কি ধরনের ত্রুটি আসতে পারে এবং তা সংশোধনের কৌশল কি এই সম্পর্কে মৌখিক এবং বাস্তব প্রশিক্ষন দেয়া প্রয়োজন। সংরক্ষণ কর্মকর্তা,

প্রকৌশলী ও কারিগরদের জন্য মাঝে মধ্যে সেমিনার ও সিম্পোজিয়ামের আয়োজন করতে হবে বা সুযোগ মত অংশ গ্রহন করতে হবে।

আরেকটি বিষয় হল কর্মীদের কর্ম ক্ষমতা বাড়াতে হলে তার উদরও পূর্ন রাখতে হবে। অর্থাৎ তাদেরকে উপযুক্ত পারিশ্রমিক ও সুযোগ সুবিধা দেয়া উচিৎ।

মাল (Material) ঃ– সংরক্ষণ কাজের জন্য সঠিক মাল নির্বাচন ও মওজুদ রাখা একটি বড় কথা। কোন কাজে কি ধরনের জিনিষ ব্যবহার করতে হবে তা বুঝতে হবে। আবার তার মান (quality) যেন ভাল হয় সেটাও লক্ষ্য রাখা উচিৎ। সস্তার জন্য খারাপ জিনিষ ব্যবহার করলে একই কাজ কিছুদিন পর পুনরায় করতে হয়। সংরক্ষণ কাজের জন্য বর্তমান যুগে অনেক উন্নত মানের মাল–মসলা উদ্ভাবন হয়েছে। সেসব খোঁজ খবর রাখতে হবে এবং টেকনিক্যাল ম্যাগাজিন পড়ে পড়ে নুতন নুতন সংযোজন সম্পর্কে অবহিত থাকতে হবে এবং সেসব ব্যবহারের ব্যবস্থা করতে হবে। সংরক্ষণ কাজের জন্য যে সব মাল, যন্ত্রাংশ এবং হাতিয়ারের প্রয়োজন হয় তা সর্বদা পরিমাণ মত মওজুদ রাখতে হবে । প্রয়োজনের সময় জিনিষপত্রের জন্য বার বার বাজারে দৌড়ান কাজের কথা নয়। এতে খরচের মাত্রা, জিনিষ কিনে রাখার খরচের চেয়ে অনেক বেশী হয়ে থাকে।

হাতিয়ার (Tools) ঃ– শুধু হাতুড়ী, বাটাল, ফাইল ইত্যাদি দিয়ে মেইনটেনেন্স কাজ সেরে ফেলার যুগ এটা নয়। সাধারন হাতিয়ার দিয়ে ঘষে মেঝে কাজ হয়ত সম্পন করা সম্ভব কিন্তু এতে কাজের মান এবং উৎকর্ষতা পাওয়া সম্ভব নয়। উপযুক্ত হাতিয়ার ব্যবহার না করার ফলে কাজে সময়ও লাগবে বেশী যার অর্থ ততক্ষন যন্ত্রটি বন্ধ থাকা ও খরচ বৃদ্ধি। কোন একটি বেশী গ্রাইন্ডিং কাজ পোর্টেবল গ্রাইন্ডার দিয়ে করার পরিবর্তে ফাইল দিয়ে ঘষে করতে গেলে ১ ঘন্টার কাজ ৫ ঘন্টা লাগবে। কিন্তু ঐ গ্রাইন্ডিং যন্ত্রটির প্রাথমিক মূল্যের জন্য অনেকেই ক্রয় করতে চান না। আবার ধরুন যেখানে টরক পরিমাপক রেঞ্চ ব্যবহারের প্রয়োজন বা নির্দেশ আছে সেখান হাতের আন্দাজে কাজ সারা হয়। আরগন ওয়েল্ডিং'এর স্থানে আর্ক ওয়েল্ডিং করা হয়। যে কাজে ডায়াল ইন্ডিকেটর বা মাইক্রোমিটারের দরকার সেটা রুলার বা ভার্নিয়ার দিয়ে সারার চেষ্টা করা হয়। এতে কাজের মান যে কত খারাপ হয় তা ব্যাখ্যার অপেক্ষা রাখে না। এই ভাবে কাজ করে যন্ত্র হয়ত চালানো যেতে পারে কিন্তু বিকল হতেও

সময় লাগে না। আধুনিক সংরক্ষনের বক্তব্য হল যতটা সম্ভব যথাস্থানে উপযুক্ত হাতিয়ার ও যন্ত্রপাতি ব্যবহার করতে হবে।

সংরক্ষণ কাজের প্রকার ভেদ ঃ- সংরক্ষণ কাজকে বিভিন্ন প্রতিষ্ঠানে তাদের উপযুক্ততা অনুসারে বিভক্ত করা হয়ে থাকে। তবে যে ভাবেই করা হউক না কেন মূল উদ্দেশ্য একই থেকে যায়। সাধারণভাবে সংরক্ষণ কাজকে প্রধান দুটি ভাগে ভাগ করা যেতে পারে-

১। ত্রুটি সংশোধন সংরক্ষণ (Corrective maintenance)

২। প্রতিরোধক সংরক্ষণ (Preventive maintenance)

ত্রুটি সংশোধন সংরক্ষণ (Corrective oraintenance)ঃ- একটি প্লান্ট বা কারখানার মেসিনপত্র চলাকালীর অবস্থায় প্রত্যহ নানা প্রকারের ত্রুটি বিচ্যুতি দেখা দেয়। যার মধ্যে কিছু ত্রুটি মেসিন চালু অবস্থায়ই ঠিক করা যায়। কিছু কিছু ত্রুটি যন্ত্রকে খানিক সময়ের জন্য বন্ধ করে ঠিক করা হয়, আবার কোনটা দীর্ঘ সময় নেয়। এই সব ত্রুটি কখন কিভাবে আসবে আগে থেকে পুর্ণ ধারনা করা যায় না। হয়ত একটি যন্ত্র পরীক্ষা নিরীক্ষা করার পর চালানো হয়েছে কিন্ত কিছুক্ষনের মধ্যেই একটি ত্রুটি দেখা দিতে পারে। ইহা ভুল মেরামত বা ভুল পরিচালনার জন্যও হতে পারে। আবার যন্ত্রের স্বাভাবিক ক্ষয় বা পরিনতির জন্যও হতে পারে। এই ধরনের ত্রুটি বিচ্যুতি যতটা সম্ভব সাথে সাথে সেরে ফেলে যন্ত্রকে পুনরায় চালু করা হয়। এরজন্য কোন পূর্ব পরিকল্পনা থাকে না। অর্থাৎ এইরূপ ত্রুটি মাসে বা বৎসরে কি পরিমাণ আসবে এবং কি পরিমাণ সময় ও জনশক্তি লাগবে আগে থেকে নির্ধারন করা যায় না। ত্রুটি আসার পরই এর নির্ধারন সম্ভব। তবে অভিজ্ঞতার আলোকে বা বিগত বৎসরগুলির ত্রুটির গড় থেকে জনশক্তি ও সময় অনুমান করা যায় এবং সেই অনুসারে ব্যবস্থা রাখা হয়। কল করখানার এইরূপ ত্রুটিজনিত সংরক্ষণকে ত্রুটি সংশোধন সংরক্ষণ বলে। এই সংরক্ষণ কার্য্যকে আবার কয়েকভাগে ভাগ করা চলে। যেমন-

১। সাধারন মেরামত বা সংরক্ষণ (General repair or maintenance)ঃ- অর্থাৎ যে ধরনের ত্রুটি সচরাচর আসা স্বাভাবিক এবং যা যন্ত্রের জন্য বিশেষ ক্ষতিকর নয়, ধীরে সুস্থে সময় নিয়ে কাজ করা যেতে পারে; এমন ধরনের ত্রুটি সংশোধন সাধারন মেরামত হিসাবে বিবেচিত হয়।

২। জরুরী মেরামত বা সংরক্ষণ (Urgent or Emergency maintenance) :– অর্থাৎ যে ধরনের ত্রুটি যন্ত্রের এবং উৎপাদনের ক্ষতি করতে পারে তা জরুরী ভিত্তিতে সংশোধন করা প্রয়োজন হয়। একে জরুরী সংরক্ষণ বলে।

৩। দুর্ঘটনামুলক মেরামত বা সংরক্ষণ (Accidental or Break down maintenance) :– অর্থাৎ যে ধরনের ত্রুটি আসা স্বাভাবিক নয়, বা কোন ভুল পরিচালন ও সংরক্ষণ কাজের জন্য হঠাৎ করে বড় রকমের ত্রুটি হওয়া বা যন্ত্রাংশ নষ্ট হয়ে যাওয়া। কখনো একটি ত্রুটি হতে কয়েকটি ত্রুটির সৃষ্টি হওয়া বা অন্যান্য যন্ত্র ও যন্ত্রাংশ নষ্ট হয়ে যাওয়া। ইত্যাদি অনাকাঙ্খিত (Unwanted) ও আকস্মিক ত্রুটিজনিত কাজকর্মকে একসিডেন্টাল সংরক্ষণ হিসাবে ধরা হয়। কাজটি যদি বড় রকমের হয় যাহা উৎপাদনকে বেশ কিছুদিনের জন্য বন্ধ রাখতে হয়, তাহলে একে ব্রেক ডাউন মেইন্টেনেন্স বলা হয়ে থাকে। এই ধরনের সংরক্ষণ কাজ শীঘ্র সুচারুরূপে সম্পাদনের জন্য বাহির থেকে, কেন্দ্রীয় ব্যবস্থাপনা থেকে বা প্রস্তুতকারক থেকে অভিজ্ঞ ব্যক্তি বা কর্মীদল আনা প্রয়োজন হতে পারে।

ত্রুটি সংশোধন সংরক্ষণ বা কারেকটিভ মেইন্টেনেন্স এর কাজকর্ম সুচারুরূপে পালন ও রেকর্ড রাখার জন্য কয়েক রকমের পদ্ধতি অনুসরন করা হয়ে থাকে। সহজ পদ্ধতিটি হল যে পরিচালন গ্রুপ অর্থাৎ যারা যন্ত্র বা প্লান্ট চালনায় থাকেন তাহাদের দৃষ্টিগোচরেই প্রথম ত্রুটিগুলি ধরা পড়ে। হয়ত দুই বা তিন সিফ্‌টে (shift) মেসিন চলে। তখন যে ত্রুটি দেখা দিবে বা ধরা পড়বে তা অপারেটর , সুপারভাইজার বা সিফ্‌ট প্রধানকে জানাবে। সেখানে একটি ত্রুটি সংগ্রহ নথি বা ডিফেক্ট রেজিষ্টার (Defect register) থাকবে যার মধ্যে ঐ ত্রুটি লিপিবদ্ধ করা হবে। অতপর প্রয়োজন মোতাবেক সিফ্‌ট প্রধান কার্য্যকরী ব্যবস্থা গ্রহন করবেন। যদি জরুরী ভিত্তিতে করা দরকার হয় তাহলে সংরক্ষণ বিভাগের কর্মকর্তাকে খবর দিবেন। যদি যন্ত্রটি সেই সময়ে বন্ধ করা দরকার মনে করেন তবে তাই করবেন। আর যদি ত্রুটি সহ যন্ত্রটি চলতে পারে তবে রেজিষ্টারে উহা লিখে রাখবেন। সংরক্ষণ বিভাগের কর্মকর্তা বা বিভাগীয় প্রকৌশলীবৃন্দ বা দায়িত্ববান কোন ব্যক্তি প্রত্যহ এক বা দুইবার এই রেজিষ্টার খুলে পড়ে

দেখবেন এবং সেই সব কাজ কর্মীদের মধ্যে ভাগ করে দিবেন। কাজ সম্পাদন হয়ে গেলে রেজিস্টারের ত্রুটি বিবরনীর পাশে যে কাজ করা হল তা লিপিবদ্ধ করবেন এবং সহি দিবেন। যদি কাজ করা সম্ভব না হয় বা কোন মন্তব্য থাকে তবে সেখানে তা লিখবেন। এই ধরনের রেজিষ্টারে সাধারনতঃ ৯/১০ টি কলাম থাকে। যেমন–ত্রুটির ক্রমিক নম্বর, তারিখ, ত্রুটি কোন যন্ত্রে হয়েছে তার নাম ও কোড নম্বর, ত্রুটির বিবরন, সিফট প্রধানের স্বাক্ষর, সংরক্ষন বিভাগের দায়িত্ববান ব্যক্তির ত্রুটি জ্ঞাতির স্বাক্ষর, কাজ সম্পাদনের বিবরন, কাজ সম্পাদনের তারিখ ও স্বাক্ষর, মন্তব্য।

গুরুত্বপূর্ন প্লান্ট বা বড় ফেক্টরীতে ডিফেক্ট রেজিষ্টারের পরিবর্তে ডিফেক্ট কার্ড (Defect card) ব্যবহৃত হয়ে থাকে। ডিফেক্ট কার্ডের নির্দিষ্ট ঘরে পরিচালন বিভাগের দায়িত্ববান ব্যক্তি ত্রুটির বিবরন লিখবেন। এই কার্ডের ২ বা তিনটি কার্বন কপি করা হয়। একটি কপি পরিচালন বিভাগে থাকবে অন্যটি সংরক্ষণ বিভাগে দেয়া হয়। তৃতীয় কপি করা হলে প্রশাসন বা প্লানিং বিভাগকে দেয়া হয়। কাজ সম্পাদন করে এবং সে সম্পর্কে লিখে সংরক্ষণ বিভাগ ঐ কার্ড পুনরায় পরিচালন বিভাগকে দেয়। পরিচালন বিভাগ তাহা স্বাক্ষর করে। অতপর প্রশাসন বা প্লানিং বিভাগে তাহা পাঠিয়ে দেয়া হয় যেখানে কাজের হিসাব নিকাশ ও রেকর্ড রাখা হয়।

এই ডিফেক্ট কার্ডের একটি নমুনা নিম্নে দেয়া হলঃ

সংস্থার নাম ঃ-

ডিফেক্ট কার্ড, ক্রমিক সংখ্যা-------

যন্ত্রের নাম ঃ-------------- কোড নম্বর ঃ----------

ত্রুটির প্রকারভেদঃ (অর্থাৎ সাধারণ, জরুরী, অতি জরুরী, প্রতিরোধক)

ত্রুটির বিবরন ঃ--------------------------------------

ত্রুটি নির্ধারনকারী বা পরিচালন কর্মকর্তার স্বাক্ষর------------

তারিখ-----------------সময়------------------

কার্য্য সম্পাদনের বিবরনঃ----------------------------

মন্তব্যঃ---

সংরক্ষণ বিভাগীয় কর্মকর্তার স্বাক্ষর------------------------------

তারিখ-----------------সময়-----------------------------------

শ্রম শক্তি ব্যয়ের হিসাবঃ---

(অর্থাৎ কতজন লোক কত ঘন্টা কাজ করেছে তার হিসাব)

যন্ত্রাংশ ও মাল ব্যবহারের হিসাবঃ (কি কি যন্ত্রাংশ বা মাল ব্যবহৃত হয়েছে তার হিসাব)

পরিচালন বিভাগ অবহিত হওয়ার তারিখ-------------------------

স্বাক্ষর---

প্লানিং বিভাগ কর্তৃক গৃহীত হওয়ার তারিখ ও স্বাক্ষর---------------------

প্রশাসনিক কর্মকর্তার স্বাক্ষর--------

উপরোল্লিখিত বিষয় সম্বলিত ডিফেক্ট কার্ড সংরক্ষণ কাজের ধারাবাহিকতা, হিসাব নিকাশ ও রেকর্ড রাখার জন্য বিশেষ সহায়ক হয়। প্রয়োজনবোধে কার্ডের ছক আরো সহজ করা যায়। বর্তমান যুগে কম্পিউটারাইজড মেইনটেনেন্স পদ্ধতিতেও এই ধরনের কার্ডের প্রচলন আছে, তবে প্রত্যেক বিষয়ের সাথে একটি করে কোড নম্বর সংক্রান্ত ঘর থাকে।

সংরক্ষণ কার্য্য পদ্ধতিঃ-

কোন যন্ত্রের ত্রুটি সম্পর্কে অবহিত হওয়ার পর সংরক্ষন বিভাগ কাজ করার বিষয়ে সিদ্ধান্ত নিবে। কিন্তু যন্ত্রটির প্রয়োজনীয়তা, অবস্থা বা কাজের জন্য যন্ত্র ছাড়া যাবে কিনা ইত্যাদি বিষয়ে না জেনে কাজ শুরু করা ঠিক নয়। এই বিষয়ে পরিচালন বা উৎপাদন বিভাগের সাথে আলাপ করে নিতে হবে। অতপর মৌখিক অনুমতি বা লিখিত অনুমতি নিয়ে কাজ শুরু করা উচিৎ। সঠিক নিয়ম হল লিখিত অনুমতি নেয়া। তবে ছোট খাট কাজ বা ঝুকিহীন কাজ হলে মৌখিক অনুমতিতেই চলতে পারে। কিন্তু সর্বক্ষেত্রেই পরিচালন বিভাগ ঐ যন্ত্রে কাজ করার পরিবেশ তৈরী করে দিতে হবে। অর্থাৎ যদি যন্ত্রটি বন্ধ করা প্রয়োজন হয়, বন্ধ করে দিবে। যদি এর বিভিন্ন বাল্ব, বৈদ্যুতিক সংযোগ ইত্যাদি বন্ধ দরকার থাকে তা করবে। অর্থাৎ কাজ করার সময় যন্ত্র, মানুষ ও উৎপাদন পদ্ধতির জন্য

নিরাপদ বলে নিশ্চয়তা দিতে হবে। এই বিষয়টি লিখিতভাবে স্থাপনের জন্য অনুমতি পত্র গ্রহনের নিয়ম অধিকাংশ প্রতিষ্টানের জন্য চালু আছে। এতে ভুলক্রটি এবং দুর্ঘটনা ঘটার সম্ভাবনা থাকে না। সংরক্ষণ বিভাগের উচিৎ সর্বদা কার্যানুমতি পত্র (work permit) নিয়ে কাজে হতে দেয়া। এই রূপ অনুমতি পত্রের একটি নমুনা নিম্নে দেয়া হলঃ

সংস্থার নামঃ–

কার্যানুমতি পত্র ------------------ক্রমিক সংখ্যা----------

১। যাহার প্রতি প্রদানিত-----------------তারিখ ---------

(Issued to)

যন্ত্র যন্ত্রাংশ, এপারেটাসের নাম -------------------------

স্থান-----------------------------------

(Name of the machine / equipment or apparatus etc.)

কি ধরনের কাজ করা হবে তার বিবরন ঃ–

অনুমতি দেয়ার নিমিত্তে কৃত কার্য্যসমুহ ঃ–

(Precuation taken and isolation done)

এতদ্বারা উপোরুল্লিখিত যন্ত্রে কাজ করার জন্য নিরাপদ ঘোষনা করছি ও অনুমতি প্রদানকরছি।

পরিচালন বিভাগ কর্মকর্তার স্বাক্ষর তারিখ---------

২। গ্রহীতা তারিখ---------

(Received by)

আমি উপরোল্লিখিত যন্ত্রে কাজের জন্য নিরাপদ ঘোষনা করায় এবং গৃহীত ব্যবস্থায় সন্তুষ্ট হয়ে সংরক্ষণ কাজের দায়িত্ব গ্রহন করলাম।

সংরক্ষণ বিভাগীয় দায়িত্ববান ব্যক্তির স্বাক্ষরঃ– তারিখ---------

---

৩। ছাড় পত্র

(Clearance)

উপরোক্ত যন্ত্রে প্রয়োজনীয় কাজ সম্পন্ন হয়েছে এবং উহা পরিচালনের উপযুক্ত করা হয়েছে। হাতিয়ার ও আনুষাংগিক জিনিষপত্র সরিয়ে নেয়া হয়েছে। এতদ্বারা পরিচালন বিভাগকে দায়িত্ব বুঝিয়ে দেয়া গেল।

মন্তব্য ঃ–
সংরক্ষণ বিভাগ কর্মকর্তা বা দায়িত্ববান ব্যক্তির স্বাক্ষর -------------
তারিখ--------------------------------------

৪। কর্ম সমাপ্তি বা বাতিল

(Cancellation of work permit)

উপরোক্ত যন্ত্রের দায়িত্বভার বুঝিয়ে দেয়ার পর যন্ত্রটি পরীক্ষা করে দেখা হয়েছে। উহা পরিচালনের উপযুক্ত হয়েছে বলে এতদ্বারা এই কাজের অনুমতিপত্র বাতিল করা হল।

পরিচালন বিভাগ কর্মকর্তা বা দায়িত্ববান ব্যক্তির স্বাক্ষর -------------
তারিখ--------------

এই অনুমতিপত্র দুই বা তিন কপি করা হয়। এক কপি পরিচালক বিভাগে, এক কপি সংরক্ষণ বিভাগে, এক কপি যন্ত্র বা যে স্থানে কাজ হয় সেখানে ঝুলিয়ে বা লাগিয়ে রাখার জন্য। কাজ শেষ হয়ে গেলে তিনটি কপি একত্র করে কার্বনের সাহায্যে কর্ম সমাপ্তি বা বাতিল ঘোষনা করতে হবে। অতপর সংরক্ষণ বিভাগের কপি রেকর্ড রাখার জন্য ফেরৎ নিয়ে নিবে।

প্রতিরোধক সংরক্ষণ (Preventive maintenance) ঃ–

কোন যন্ত্র দীর্ঘ সময় বা দীর্ঘ দিন চলার ফলে ইহার বিভিন্ন অংশ ক্ষয় প্রাপ্ত হয়। কোন অংশ দুর্বল হয়ে যায়; আবার ধুলাময়লা, মরিচা ইত্যাদির কারণে ক্ষতিসাধিত হয়। এমনি ভাবে যন্ত্রের উৎপাদন ক্ষমতা হ্রাস পায় ও আয়ু কমে যায়। এইসব কারণে চালু অবস্থায় ঘন ঘন ত্রুটি দেখা দেয় যা স্বাভাবিক উৎপাদনকে ব্যাহত করে। কোন যন্ত্র স্বাভাবিক অবস্থা থেকে বিচ্যুতি ঘটার

আগেই সুবিধাজনক সময়ে যে সংরক্ষণের মাধ্যমে তার অবস্থার উন্নতি ঘটান হয় তাহাকে প্রতিরোধক সংরক্ষণ বলে।

প্রতিরোধক বা প্রিভেনটিভ মেনটেনেন্সের কাজ বলতে আমরা বুঝি যে যন্ত্রের অবস্থা ভাল রাখা (Up-keep), খারাপ বা ক্ষয়ে যাওয়া যন্ত্রাংশ পরিবর্তন করা,প্রয়োজনে কোন কোন অংশ নবায়ন করা ,মেরামত করা, নিয়মিত পরীক্ষা করে দেখা যে যন্ত্রের কোন অবনতি ঘটছে কিনা এবং সেই অনুযায়ী কাজের সময় নির্ধারন করা, নিয়মিত লুব্রিকেসন করা, ফিল্টার ক্লিনিং বা প্রয়োজনীয় যন্ত্রাংশ বা স্থান সমুহ নিয়মিত পরিষ্কার করা ইত্যাদি।

আমাদের দেশে প্রিভেনটিভ মেইন্টেনেন্স'এর উপর খুব কম গুরুত্ব দেয়া হয়। কিন্তু উন্নত দেশগুলিতে মোট সংরক্ষণ কাজের প্রায় ৪০% প্রতিরোধ সংরক্ষণে ব্যয় করা হয়। বড় বড় কারখানা, বিদ্যুৎ কেন্দ্র এবং তৈল শোধনাগার ইত্যাদি প্রতিষ্ঠানে আগে থেকে কাজের প্রোগ্রাম করা হ,। প্লান্টের কোন মেসিন কখন সংরক্ষণ করা হবে। এই প্রোগ্রাম ৬ মাস, ১ বৎসর, ৫ বৎসর এমনকি তারও বেশী পূর্বে তৈরী করে ফেলা হয়। সে অনুযায়ী একটার পর একটা কাজ চলতে থাকে। এইজন্য এই ধরনের সংরক্ষণকে প্ল্যান্ড মেইন্টেনেন্সও (Planned maintenance) বলে।

প্রতিরোধক সংরক্ষনের মূল উদ্দেশ্য হল–

ক) যন্ত্র বা যন্ত্র সমূহের কার্য্যক্ষম আয় বাড়ান এবং অধিক সময় কাজে নিয়োজিত রাখা।

খ) নিয়োজিত মূলধনকে রক্ষা করা।

গ) যন্ত্র এবং মানুষ উভয়ের নিরাপত্তা বিধান করা।

ঘ) সময়ে অসময়ে অধিক ত্রুটি বিচ্যুতি হতে যন্ত্রকে রক্ষা করা।

ঙ) যন্ত্রকে ভাল অবস্থায় রাখা ও প্লান্টের উৎপাদন চেইনকে ব্যাহত হতে না দেয়া।

প্রতিরোধ সংরক্ষণ কাজকে প্লান্টের যন্ত্র সংখ্যা, তার প্রকৃতি, যন্ত্রের গুরুত্ব, প্লান্টের সাইজ, সংরক্ষণের সুযোগ সুবিধা ইত্যাদির উপর বিবেচনা করে বিন্যাস করা হয়। সাধারণভাবে প্রতিরোধ সংরক্ষণকে ৫টি ভাগে ভাগ করা যেতে পারে–

১। নিরীক্ষন (Inspection)

২। রুটিন রক্ষণাবেক্ষন (Routine or Schedule maintenance)

৩। আংশিক বা ক্ষুদ্র নবায়ন (Minor overhauling)

৪। মাঝারি নবায়ন (Medium overhauling)

৫। পুর্ণ বা বৃহৎ নবায়ন (Major overhauling)

১। নিরীক্ষন (Inspection) ঃ– যন্ত্রের অবস্থা বুঝার জন্য মাঝে মধ্যে নিরীক্ষন বা ইনস্পেকসন করে দেখতে হয়। যন্ত্রের বাইব্রেসন ঠিক আছে কিনা, কোথাও কোন অংশ ঘর্ষন হচ্ছে কিনা, কোন বোল্ট লুজ আছে কিনা, লুব্রিকেশন করা হয়েছে কিনা বা কোনদিকে তেল লিক করে যাচ্ছে কিনা ইত্যাদি বিষয় নিয়মিত অবলোকন করা প্রয়োজন। বাহির থেকে যেসব ইনসপেকসন করা হয় তা হল বাহ্যিক নিরীক্ষন (External Inspection)। যন্ত্রের ভিতরগত কিছু ইনসপেকসনও সম্ভব যাকে অভ্যন্তরীন নিরীক্ষণ (Internal Inspection) বলা হয়। যেমন কোন ম্যানহোল খুলে ভিতরের অবস্থা দেখা, গিয়ার বক্সের কভার খুলে গিয়ারের অবস্থা দেখা, কোন কোন যন্ত্রে ইনস্পেকসন হোল থাকে যার মাধ্যমে অথবা অন্য ব্যবস্থায় এন্ডোস্কোপ (Endoscope) বা বোরস্কোপ (Borescope) দিয়ে ভিতরের অবস্থা অবলোকন করা; ইত্যাদি অভ্যন্তরীন নিরীক্ষণের অন্তর্ভুক্ত।

এই ধরনের নিরীক্ষণ একটি যন্ত্রের জন্য কতদিন পর পর করা উচিৎ তা ঐ যন্ত্রের গঠন ও ব্যবহার পদ্ধতির উপর নির্ভর করবে। একটি যন্ত্রকে প্রতি মাসে, প্রতি তিন মাসে বা ছয় মাসে একবার ইনসপেকসনের ব্যবস্থা রাখা যেতে পারে। এই বিষয়ে যন্ত্র প্রস্তুতকারকের নির্দেশাবলী অনুসরনীয়।

২। **রুটিন রক্ষনাবেক্ষন** (Routine maintenance) ঃ– প্রত্যেক যন্ত্রে ছোট–খাট কিছু কাজ থাকে যা প্রতিদিন/প্রতি সপ্তাহ বা মাসে নিয়মিতভাবে করার প্রয়োজন হয় যাকে রুটিন মেনটেনেন্স বলা যায়। উদাহরনস্বরূপ বলা যেতে পারে যে বিয়ারিংএ তেল বা গ্রীজ দেয়া। তেল, পানি, বা যে কোন তরল পদার্থের লাইনের ফিল্টার পরিষ্কার করা। যে সব যন্ত্রে এয়ারফিল্টার আছে তা পরিষ্কার করা। কনডেনসার, কোলার বা হিট–একচেঞ্জারের টিউব নিয়মিত পরিষ্কার করা। এই ধরনের অনেক কাজ যা নিয়মিতভাবে একটা নির্দিষ্ট সময়ের ব্যবধানে করা হয় তা রুটিন মেইনটেন্সের অন্তর্ভূক্ত।

এইসব কাজের কিছু অংশ কোন কোন প্রতিষ্ঠানে পরিচালন বিভাগ করে থাকে। আবার কোথাও আলাদা একটা ছোট গ্রুপ রাখা হয় যারা নিয়মিত এই কাজ সম্পন্ন করে। তবে এইসব কাজ সংরক্ষণ বিভাগের অধীনে রাখাই অধিক যুক্তিসংগত। রুটিন মেইনটেনেন্সকে অনেকে ইনসপেকসনের আওতাভূক্ত হিসাবে ধরেন অর্থাৎ নিয়মিত ইনসপেকসন করার সময় একই সাথে রক্ষনাবেক্ষনের কাজটাও করে থাকেন।

রুটিন মেইনটেনেন্সের কাজগুলি যন্ত্রের জন্য খুবই প্রয়োজনীয়। ইহা নিয়মিত সম্পন্ন করার কয়েক প্রকারের পদ্ধতি অবলম্বন করা হয়ে থাকে।

যেমন– ক) রুটিন মেনটেনেন্স তালিকা বা চার্ট (Routine maintenance chart) পদ্ধতি।

কোন কারখানায় যতগুলি যন্ত্র আছে এবং তাদের জন্য যেসব কাজ নিয়মিত করনীয় তার একটি তালিকা প্রণয়ন করা হয়। কাজগুলিকে কয়েকটি শ্রেনীতে বিভক্ত করা হয়। এর মধ্যে কোন কাজটি দৈনিক, কোনটি সাপ্তাহিক, পাক্ষিক, মাসিক, ত্রৈমাসিক, অর্ধ বাৎসরিক বা বাৎসরিক তা চিহ্নিত করা হয়। অতপর কাজগুলিকে একটি চার্টের মাধ্যমে দৈনিক, সাপ্তাহিক বা মাসিক, ইত্যাদি পর্যায়ে ঢেলে সাজানো হয়। নিম্নে একটি উদাহরন দেয়া হলঃ

উপরে প্রত্যেকটি কাজ বৎসরের কোন মাসে, কোন সপ্তাহে, কোন দিনে করা হবে সনাক্ত করা থাকে। একই সময়ে বা একই মাসে যাতে কাজ বেশী না

ছক নং-৩১ রুটিন সংরক্ষন চার্ট (Routine Maintenance Chart)

ক্রমিক নং	কাজের বিবরন	সময়ান্তর Time Interval	মাস / সাপ্তাহ	জানুয়ারী ১ম						২য়	৩য়	৪র্থ	ফেব্রুয়ারী	মার্চ	জুন→ ডিসেম্বর
				১	২	৩	৪	৫	৬						
১।	খ' যন্ত্রের ওয়েল কাপে তেলযুক্ত করা এবং ঘর্ষনযুক্ত সারফেস পরিষ্কার করা ও তৈলাক্ত করা।	দৈনিক		•	•	•	•	•	•						
২।	ক' যন্ত্রের লুব্রিকেসন প্রবাহ চেক করা ও ফিল্টার পরিষ্কার করা।	সপ্তাহ			•					•	•	•			
৩।	গ' পাম্পের গ্ল্যান্ড টাইট দেয়া	পাক্ষিক								•		•			
৪।	ঘ' যন্ত্রের কম্পন মেপে দেখা	মাসিক									•		•	•	•
৫।	ঙ' যন্ত্রের টিউব সমূহ পরিষ্কার করা	ত্রৈমাসিক												•	
৬।	চ' যন্ত্রের গ্লান্ড পেকিং চেক করা ও গ্লান্ড যুক্ত করা।	অর্ধ বাৎঃ													• •
৭।	ছ' যন্ত্রের বিয়ারিং নিরীক্ষা বা চেক করা ইত্যাদি ইত্যাদি--	বাৎসরিক								•					•

পড়ে সেই ভাবে তা আগে থেকেই চার্টে পুনঃ সজ্জিত করা যায়। কর্ম ও সময় সনাক্ত করার জন্য যে বিন্দু দেয়া হল তার পরিবর্তে রংগীন ফ্লাগ পিন ব্যবহার করা যায়। যেমনঃ- কাজটি করতে হবে অর্থাৎ হলুদ পিন, করা হয়েছে অর্থাৎ সবুজ পিন, করা হয় নাই তাহলে লাল পিন ইত্যাদি। জানুয়ারী মাস এবং তার প্রথম সপ্তাহ যে ভাবে দেখান হল, দ্বিতীয়, তৃতীয় এবং চতুর্থ সপ্তাহও অনুরূপ হবে। অন্যান্য মাসগুলিও একই ভাবে বিভক্ত থাকবে। স্থানাভাবের জন্য এখানে বিস্তারিত দেখান গেল না। এই চার্ট সাধারনত বড় সীট বা বড় বোর্ডে করা হয় যেখানে প্রত্যেকটি কার্য্যক্রম চিহ্নিত করা হয়ে থাকে।

কার্ডেক্স রুটিন সংরক্ষন পদ্ধতি (Cardex routine maintenance System) :- এই পদ্ধতি অনুসারে প্রত্যেকটি কার্য্য (activity) একেকটি করে কার্ডে লিপিবদ্ধ থাকবে। অবশ্য ঐ কার্ডে যন্ত্রের বিবরন, ডাটা, কাজের নিয়মাবলী, সময়ান্তর এবং নীচে কার্য্য পালনের তারিখ, সহি এবং মন্তব্যের জন্য ঘর থাকবে। ধরা যাক মেকানিক্যাল মেইনটেনেন্স বিভাগের জন্য রুটিন সংরক্ষণ কার্ড সংখ্যা দাঁড়াল ২৭৫ টি। মনে করি জানুয়ারীর প্রথমে আমরা এই পদ্ধতি চালু করছি। এখন কার্ডগুলিকে সাজাতে হবে। নীচের নকশা অনুসারে একটি কার্ড বক্স বানাতে হবে যাতে কার্ড রাখার মত থাক্ থাকবে। বাক্সটির তিনটি অংশ।

ছক নং-৩২

কার্ডেক্স বক্স

জানুয়ারী	কার্ড স্টোর	শনি
ফেব্রুয়ারী		
মার্চ		রবি
এপ্রিল	স্থগিত কার্ড	
মে	বাতিল কার্ড	সোম
জুন		মঙ্গল
জুলাই	১ম সপ্তাহ	
আগস্ট		বুধ
সেপ্টেম্বর	২য় সপ্তাহ	
অক্টোবর	৩য় সপ্তাহ	বৃহস্পতি
নভেম্বর	৪র্থ সপ্তাহ	শুক্র
ডিসেম্বর		

একদিকে বার মাসের জন্য বারটি থাক। অন্যদিকে সপ্তাহের ৭ দিনের ৭ টি থাক। মধ্যের নীচের অংশে মাসের ৪ সপ্তাহের জন্য ৪ টি থাক। উপরের অংশে তিনটি আলাদা থাক যথা কার্ড ষ্টোর, স্থগিত কার্ড ও বাতিল কার্ডের জন্য। কার্ডষ্টোরে– প্রথমে সবগুলি কার্ড রাখা যেতে পারে। জানুয়ারীর প্রথমে যদি কার্ডগুলি হাতে নিয়ে বিভক্ত করি তাহলে, জানুয়ারী মাসে যে কাজ গুলি করতে হবে সেই কার্ডগুলি জানুয়ারী মাসের থাক্ বা খাপে রাখব, ফেব্রুয়ারী মাসেরটা ফেব্রুয়ারী মাসের থাকে; এমনিভাবে ডিসেম্বর পর্যন্ত ভাগ করা থাকবে। এবার জানুয়ারীর থাকে রাখা কার্ডগুলির কোন কাজটা কোন সপ্তাহে হবে সেই অনুসারে ১ম, ২য়, ৩য় এবং ৪র্থ সপ্তাহের থাকে ভাগ করে দিতে হবে। জানুয়ারীর প্রথম বা দ্বিতীয় সপ্তাহ যখন হবে, যেমন প্রথম সপ্তাহে ঐ থাকের কার্ডগুলি নিয়ে শনি, রবি, সোম, মংগল, বুধ, বৃহঃ দিনের থাকে ভাগ করে রাখতে হবে। বিশেষ প্রয়োজনীয় কাজ থাকলে শুক্রবার বা ছুটির দিনে রাখা যেতে পারে। এবার শনিবার এলে শনিবারের থাক থেকে কার্ডগুলি নিয়ে কি কি কাজ আছে দেখতে হবে এবং সেই অনুসারে কাজ সম্পন্ন করতে হবে। কার্য্য শেষে এই কার্ডগুলিকে পুনরায় বিভিন্ন থাকে ভাগ করে দিকে হবে। যেমন একটি কার্ড আছে যার কাজ পুনরায় জানুয়ারীর তৃতীয় সপ্তাহে হবে। তাহলে ঐ কার্ড তৃতীয় সপ্তাহের খাপে যাবে। আরেকটি এল যার কাজ পুনরায় ছয় মাস পরে করতে হবে তাহলে সরাসরি ঐ কার্ড জুলাই মাসের ঘরে রেখে দিতে হবে। যদি এক বৎসর পরে হয় তাহলে কার্ডষ্টোরে চলে যাবে। যদি এক বৎসরের বেশী বা অনির্দিষ্ট কালের জন্য স্থগিত থাকে তবে স্থগিত কার্ডের থাকে যাবে। আবার এমন কার্ডও থাকতে পারে যা পরের দিন আবার করতে হবে বা তিনদিন পরে আবার করতে হবে, তখন ঐ কার্ডদ্বয় রবিবার বা বুধবারের থাকে চলে যাবে। এমনিভাবে রবিবার এলে কার্য্য শেষে ঐ কার্ডগুলি যথাস্থানে ভাগ করে রাখতে হবে। মাস শেষে যখন ফেব্রুয়ারী আসবে তখন আগের মত ফেব্রুয়ারী থাকের কার্ডগুলি নিয়ে কাজের নিমিত্তে বিভিন্ন থাকে বিতরন করে রাখতে হবে।

এই পদ্ধতির মাধ্যমে ইনসপেকশন থেকে শুরু করে ওভারহলিং কাজ পর্যন্ত অন্তর্ভুক্ত করা যায়। তবে অভারহলিং কাজের হিসাব নিকাশ আলাদা রাখাই শ্রেয়। কার্ডেক্স পদ্ধতি ইনসপেকসন ও রুটিন সংরক্ষণ কাজের জন্য উত্তম। যদি প্লান্ট ছোট হয় তবে এই পদ্ধতির সহজ সংস্করনও করা হয়ে থাকে। যেমন শুধু লুব্রিকেসনের জন্য একটি কার্ড করা হল। সেই কার্ডে কোন কোন স্থানে কখন

লুব্রিকেসন করা দরকার সেই সম্পর্কে লিখা থাকবে তার পাশে কতগুলি ছক খালি থাকবে ।প্রত্যেকদিন একজন লোক ঐ কার্ড নিয়ে প্রয়োজনীয় স্থানে লুব্রিকেসন করবে এবং খালি ছকে চিহ্ন দিবে, সহি করবে। এমনিভাবে ফিল্টার ক্লিনিং, এর জন্য একটি কার্ড, ব্রাইব্রেসন মাপার জন্য একটি কার্ড ইত্যাদি। এছাড়া অন্যভাবেও এ কার্ড চালু করা যায়। যেমন একটি যন্ত্রের জন্য একটি বা একের অধিক কার্ড থাকবে। যেগুলি যন্ত্রের নিকট স্থানে রাখতে হবে বা ঐ যন্ত্রের নামে বোর্ড ফাইলে রাখতে হবে। প্লানিং অনুসারে ফাইল দেখে কাজ সম্পন্ন করতে হবে। যেভাবেই করা হউক না কেন সঠিক কাজটি সঠিক সময় করা হল কিনা তার হদিস রাখার জন্য সুবিধাজনক কার্ড তৈরী করে একটি উপযুক্ত পদ্ধতি চালু করা যেতে পারে।

ক্ষুদ্র নবায়ন (Minor Overhauling) ঃ– যন্ত্রের গুরুত্বপূর্ণ কিছু কিছু অংশের পরীক্ষা করা, খুলে দেখা এবং মেরামত করা এবং প্রয়োজনবোধে যন্ত্রাংশ পরিবর্তন করাকে ক্ষুদ্র নবায়ন বলে। সাধারনতঃ প্রতি বৎসরে একবার বা দুইবার এই ধরনের ক্ষুদ্র নবায়নের ব্যবস্থা করতে হয়।

মাঝারি নবায়ন (Medium overhauling) ঃ– ক্ষুদ্র নবায়নে যা করা হয় তার সবকিছুই করতে হবে এবং তার উপরে আরো নতুন কিছু প্রয়োজনীয় এবং সন্দেহজনক অংশ খুলে দেখতে হবে ও মেরামত করতে হবে এই মাঝারি নবায়নে। প্রকৃতপক্ষে যন্ত্রের ইনষ্ট্রাকসন পুস্তকে সব রকম ওভারহলিং ও তার কাজ সমূহ সম্পর্কে ব্যাখ্যা করা হয়ে থাকে। প্রতি দেড় বা দুই বৎসরে একবার মাঝারি ধরনের নবায়ন করা হয়। বেশীর ভাগ যন্ত্রের জন্য ক্ষুদ্র ও মাঝারি নবায়নের কাজ সমন্বিত করে প্রতি বৎসর বা দুই/তিন বৎসরে একটি ক্ষুদ্র বা নিরীক্ষা নবায়ন কাজ করলেই চলে।

বৃহৎ নবায়ন (Major overhauling)ঃ– বৃহৎ নবায়ন বা মেজর অভারহলিং অর্থ হল যন্ত্রের সম্ভাব্য সকল অংশ খুলে পরীক্ষা করা, পরিষ্কার করা, মেরামত করা এবং নূতন যন্ত্রাংশ ব্যবহার করা। যন্ত্রের সমস্ত ক্লিয়ারেন্স নূতনভাবে সমন্বয় করা। গেসকেট, পেকিং, ফিল্টার ইত্যাদি পরিবর্তন করা। এমনকি যন্ত্রের ফাউন্ডেসন এবং ফাইন্ডেসন বোল্ট পর্যন্ত নুতনভাবে চেক করে দেখা। মেজর ওভারহলিং সাধারণত তিন থেকে ছয় বৎসরে একবার করা হয়। তবে যন্ত্রটি মোট কত ঘন্টা চলেছে তার হিসাবের মূল্যই ধরা হয়। যন্ত্রের প্রস্তুত

কারক মেজর অভারহলিং, এর জন্য আনুমানিক মোট অপারেটিং ঘন্টা সম্পর্কে বলে দিয়ে থাকে।

সংরক্ষন চক্র (Maintenance cycle) :— কোন একটি যন্ত্রের জন্য প্লানিং অনুসারে ক্রমপর্যায়ে যে (১) ইনসপেকসন, (২) ক্ষুদ্র নবায়ন (৩) মাঝারি নবায়ন (৪) বৃহৎ নবায়ন করা হয় তার এক পাক পূর্ণতাকে এক সংরক্ষণ চক্র বা মেনটেনেন্স সাইকেল বলে। যথা –

I- II-I -II -III- I- II -I- IV

ধরা যাক প্রতি ছয় মাস অন্তর একবার একটি যন্ত্রের সংরক্ষণ কাজে হাত দেয়া হয়। প্রথম ইনস্পেকসন, দ্বিতীয় পর্যায়ে ক্ষুদ্র নবায়ন, তৃতীয় পর্যায়ে ইনসপেকসন, এমনিভাবে নবম পর্যায়ে অর্থাৎ $৪\frac{১}{২}$ বৎসর পর বৃহৎ নবায়ন হবে; এবং এইভাবে একটি সংরক্ষণ চক্র শেষ হবে। এই ধরনের সংরক্ষন চক্র ওয়ার্কসপ এবং মেসিন টুল ফেক্টরীতে অধিক অনুসরন করা হয়।

একটি যন্ত্রের সংরক্ষণ চক্রের সময়সীমা, কাজের আয়তন, প্লানিং, মেরামত কর্মকান্ড, খরচ, যন্ত্রাংশের প্রয়োজনীয়তা ইত্যাদি পরিমাপ ও অনুমান করার জন্য সংরক্ষণ ধ্রুবাংক বা যন্ত্রের জটিলতা সহগাংক (Complexity coefficient) সনাক্ত করা হয়। এই সংখ্যা হতে একটি যন্ত্রকে অন্য একটির সাথে এর জটিলতা, গিয়ার ব্যবহার,হাড্রোলিক লাইনের ব্যবহার ইত্যাদির তুলনামুলক পরিমাপ করা যায়। একটি মাঝারি ধরনের লেদ মেশিনের ষ্ট্যান্ডার্ড কমপ্লেক্সিটি কোইফিসিয়েন্ট সংখ্যা ১০ ধরা হয়। এইভাবে অন্যান্য যন্ত্রের সংরক্ষণ জটিলতা সহগাংক সনাক্ত করা হয়েছে। নিম্নের দুইটি তালিকা দিয়ে তাহা দেখান গেলঃ

সংরক্ষন জটিলতা সহগাংক

ক্রমিক নং	মেসিনটুল জাতীয় যন্ত্র	জটিলতা সহগাংক
১।	লেদ – ছোট সাইজ ১০০০ মিঃমিঃ সেন্টার টু সেন্টার।	৭–৯
২।	লেদ– মাঝারি সাইজ,৪০০মিঃমিঃ সুইং, ১৫০০ মিঃমিঃ সেন্টারস।	১০

৩।	লেদ –বড় সাইজ	১১–১৮
৪।	ভার্টিকাল ড্রিলিং মেসিন	৩–৮
৫।	গিয়ার কাটিং মেসিন	১০–১২
৬।	প্লেনিং মেসিন, মাঝারি সাইজ	১২–১৫
৭।	গিয়ার কাটিং মেসিন	১৩–২০
৮।	সাধারন হরাইজন্টাল মিলিং মেসিন	৮–১৪

ক্রমিক সংখ্যা	বিভিন্ন ইনডাষ্ট্রিজে ব্যবহৃত যন্ত্র	জটিলতা সহগাংক
১।	রোলিং মিল'স	১২–১৫
২।	টারবাইন	১৪
৩।	বয়েলার	১২
৪।	ট্রাক্টর	১০
৫।	কম্প্রেসর , হাইড্রোলিক মেসিন	৭–১০
৬।	ভারী বৈদ্যুতিক যন্ত্র, ইলেকট্রিক ট্রেইন	৮৫
৭।	রেল ওয়াগন	৯
৮।	টেক্সটাইল, ফুড ইনডাস্ট্রিজ যন্ত্রপাতি	৬–৯

কোন যন্ত্রের কখন বা কতদিন পর মেজর অভারহলিং দরকার তাহা ঐ যন্ত্র সম্পর্কে অভিজ্ঞ ব্যক্তি ভাল বলতে পারবেন। সেজন্য বড় বড় যন্ত্র বা জটিল যন্ত্রের জন্য মেনুফেকচারার স্পেসালিষ্ট বা যন্ত্র সংরক্ষণে অভিজ্ঞ ব্যক্তির মতামত নেয়া হয়। প্রস্তুতকারক যদিও অভারহলিং'এর একটি সময়সীমা সাধারনভাবে নির্ধারন করে দিয়ে থাকেন তাকে বেদবাক্য হিসাবে গ্রহন করতে হবে এমন কোন কথা নেই। নির্দিষ্ট অভারহলিং'এর পূর্বে যন্ত্রের অবস্থা পরীক্ষা করে দেখতে হবে। অর্থাৎ এর ক্ষমতা ও দক্ষতার অবনতি হয়েছে কিনা,এর কম্পন মাত্রা বেড়েছে কিনা, বিয়ারিং তাপমাত্রা ঠিক আছে কিনা, ইত্যাদি বিষয়ে পরীক্ষা নিরীক্ষা করে যদি বিশেষ ত্রুটি না পাওয়া যায় তবে ওভারহলিং'এর সময়সীমা আরও পিছিয়ে দেয়া যেতে পারে। এই বিষয়ে আমেরিকার বিশেষজ্ঞ জনাব হাওয়ার্ড এফ, ফিনলে নূতন বক্তব্য রেখেছেন। তিনি বলেন যে যন্ত্রের কখন ওভারহলিং দরকার তা যন্ত্রের অবস্থায়ই বলে দিবে। অহেতুক আগে ভাগে যন্ত্র খুলে লন্ডভন্ড করাকে তিনি পছন্দ করেন না। তাহার মতে মানুষের হাত লাগলেই যন্ত্রে কিছু না কিছু নূতন ত্রুটি যুক্ত হয়। সুতরাং যতদিন ওভারহলিং

ছাড়া যন্ত্রটি ভালভাবে চালান যায় ততই ভাল। তবে নিয়মিত ইনস্পেকসন ও রুটিন মেন্টেনেন্স করার তিনি পক্ষপাতি। তাহার কথার অনেক যুক্তি আছে বটে। অনেক সময় দেখা যায় ওভারহলিং'এর পরে ত্রুটি সংখ্যা বেড়ে গেছে। প্রথম সংস্থাপনের সময় যন্ত্রকে যত যত্ন সহকারে বসান হয় এবং যে সব অভিজ্ঞ লোকে তাহা করে থাকেন, পরবর্তী ওভারহলিং'এ তা হয় না। ফলে ভুলের পরিমান বেশী হওয়ার সম্ভাবনা থাকে। এমনও দেখা গেছে যে একটি যন্ত্র ৫ বৎসরের মাথায় ওভারহলিং করার কথা ছিল কিন্তু বিভিন্ন অসুবিধার কারণে তাহা করা যায়নি এবং যন্ত্রটি ভালভাবেই চলছে এবং ৮/৯ বৎসর পর্যন্ত কোন প্রকার অসুবিধা প্রকাশ পায়নি; দশম বৎসরে তার ওভারহলিং করা হয়েছে। অবশ্য সব যন্ত্রই যে এমন চলবে একথা নিশ্চিত করে বলা চলে না।

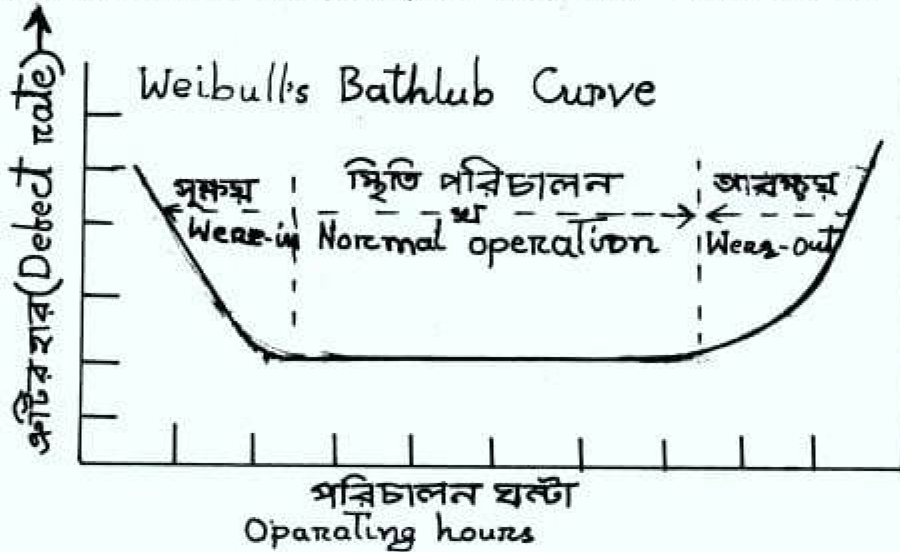
বাহির থেকে একটা যন্ত্রের সম্পূর্ণ অবস্থা যে বুঝা যাবে এমন নাও হতে পারে। হয়ত একটি যন্ত্র ঠিকই চলছে কিন্তু তার আভ্যন্তরীন যন্ত্রাংশ বেশ ক্ষয় হয়ে গেছে বা কোন একটা বোল্ট লুজ হয়ে আছে অথবা কোন একটা রিং'এ ফাটল ধরে আছে। এই ধরনের অবস্থা যন্ত্রের যে কোন সময় মারাত্মক ক্ষতি করতে পারে। সময় মত অভারহলিং করলে এসব বিপদ হতে রক্ষা পাওয়া যায়। আবার দেখা গেছে যে অভারহলিং করতে বেশী বৎসর দেরী করলে তখন যন্ত্র ও যন্ত্রাংশ খুলতে অসুবিধার সম্মুখীন হতে হয়। নাট বোল্ট জাম হয়ে যায়। কোন কোন যন্ত্রাংশ অকসাইড ফরমেসনের ফলে ওয়েল্ডিং'এর মত জোড়া লেগে থাকে। এমনি আরো অসুবিধার সৃষ্টি হয়।

একটি যন্ত্রের অভারহলিং করার সময়সীমা নির্ভর করে যন্ত্রটি কোন পরিবেশে ছিল, বর্তমান অবস্থা কিরূপ, ভাল হাতে পরিচালিত হয়েছে কিনা এবং নিয়মিত রক্ষনাবেক্ষন হয়েছে কিনা। কেননা দেখা গেছে যে একই যন্ত্র এক ফেক্টরীতে ৪/৫ বৎসর পর নষ্ট হয়ে গেছে অথচ অন্য ফেক্টরীতে ৮/৯ বৎসর যাবৎ দিব্যি চলছে। সুতরাং যন্ত্র অনুসারে, পরিবেশ অনুসারে, পরিস্থিতি অনুসারে এবং যন্ত্রের অবস্থা অনুসারে অভারহলিং সময়সীমা কম বেশী করা যেতে পারে।

ছক নং–৩৪, ক্রিটিক্যাল পাথ কার্য্য বিন্যাস।

কার্য্যের বিবরন	ইভেন্ট নম্বর	কর্মী সংখ্যা	ঘন্টা	মোট ম্যান আওয়ার
যন্ত্র ও যন্ত্রাংশ বিযোজন				
–হেড স্টক	১–২	২	৮	১৬
–কেরেজ ও অন্যান্য	১–১১	১	১২	১২
–টেইল স্টকও অন্যান্য	১–৬	১	৯	৮
যন্ত্রাংশ সমুহ পরিষ্কার				
–হেড স্টক	২–৩	১	২	২
–কেরেজ ও অন্যান্য	১১–১২	১	৩	৩
–টেইল স্টক ও অন্যান্য	৬–৭	২	৩	৬
ত্রুটি নির্নয় ও তালিকা প্রনয়ন				
–হেড স্টক	৩–৪	১	২	২
–কেরেজ ও অন্যান্য	১২–১৩	১	১	১
–টেইল স্টক ও অন্যান্য	৭–৮	১	১	১
বেড গাইড গ্রাইন্ডিংকরা–	২–১৪	২	৬	১২
কেরেজ গ্রাইন্ডিং ও স্ক্রেপিং				
করা–গ্রাইন্ডিং	১৩–১৬	১	৬	৬
–স্ক্রেপিং	১৪–১৬	১	৬	৬
বেডকে স্ট্যান্ডের উপর				
সংস্থাপন --	১৪–১৫	২	৪	৮
এপ্রন মেরামত--	১৬–১৭	১	৪	৪
বেড গাইডের সাথে মিলিয়ে				
কেরেজের ক্রেপিং ---	১৫–১৬	১	৮	৮
হেড স্টক মেরামত ও				
পুনরস্থাপন ----	৪–৫	২	৮	১৬
ফিড –বক্স মেরামত				
ও সংস্থাপন ----	৫–১০	১	৮	৮
কেরেজের সংযোজন	১৭–১৮	১	৬	৬
এপ্রন সংস্থাপন	১৮–১৯	১	৪	১
লিড স্ক্রুও ফিড সাফট				
সংস্থাপন ---	১৮–২০	২	৪	৮
টেইল স্টক সংযোজন	৮–৯	১	৮	৮
কেলিং সিস্টেম সংযোজন	৯–১০	২	৪	৮
ইলেকট্রিক মটর পুনস্থাপণ				
ও টেঙ্কে তেল ঢালা ---	১০–১৮	২	৪	৮
সমন্বয় সাধন	১৯–২২	১	৮	৮
রেগুলেসন ও খালি চালান	২০–২১	২	১২	২৪
পরীক্ষা নিরীক্ষা	২১–২২	২	৮	১৬
				২০৯

ওভারহলিং প্রসঙ্গে জনাব ওয়েবালের অভিমত এখানে আলোচনা করা যেতে পারে। তাহার মতে কোন যন্ত্র নূতন সংস্থাপনের পর ত্রুটির মাত্রা এবং অচল অবস্থার (failure) মাত্রা প্রথম দিকে বেশী থাকে। যতই দিন যেতে থাকে এর হার কমে আসে এবং এক সময় প্রায় স্থির হয়ে যায়। এই অবস্থায় যন্ত্র দীর্ঘ দিন চলে। এক সময় আসে যখন ত্রুটির হার আবার বাড়তে থাকে এবং দিনে দিনে তার মাত্র আরোও বেড়ে যায়। তিনি ইহা একটি রেখাচিত্র দ্বারা প্রকাশ করেছেন যা দেখতে আনেকটা বাথ টাবের (bath - tub) মত। নীচের চিত্র দ্রষ্টব্য



চিত্র নং—১০৪, ওয়েবালের বাথ টাব কার্ভ।

এই চিত্র রেখাকে তিন ভাগে ভাগ করা হয়েছে।

ক) সুক্ষয় অর্থাৎ প্রথম দিকের অবস্থা।

খ) স্থিতি পরিচালন অর্থাৎ নিম্ন ত্রুটিতে যন্ত্র ভালভাবে চলা।

গ) অবক্ষয় অর্থাৎ ত্রুটির মাত্রা পুনরায় বাড়তে থাকা।

ওয়েবালের এই চিত্র অনুসারে যন্ত্রের অবস্থা যখন অবক্ষয় অঞ্চলে যাবে তখন উহার অভারহলিং করা প্রয়োজন বলে ধরা হয়। একবার অভারহলিং হয়ে গেলে যন্ত্রের গতিধারা পুনরায় এই চিত্রকে অনুসরন করবে। তবে ত্রুটির হার এবং সময়ের মাত্রার কিছুটা পরিবর্তন হবে। এমনিভাবে এমন একটা অবক্ষয় সময় আসবে যখন যন্ত্রটিকে আর মেরামত করা লাভজনক হবে না। অর্থাৎ ত্রুটি এবং অচল অবস্থার হার অত্যন্ত বেশী হবে। ঐ সময় যন্ত্রটির আয়ু শেষ বলে ধরে নিতে হবে।

ওভারহলিং কার্য্য সম্পাদন পদ্ধতি ঃ– ওভারহলিং কাজ অল্প সময়ে সুষ্ঠু ভাবে সম্পন্ন করার জন্য প্রত্যেক সংরক্ষণবিদের সচেষ্ট হওয়া উচিৎ। সময় যত বেশী লাগবে উৎপাদন ক্ষতি তত বাড়বে। যে কোন ধরনের অভারহলিং বিশেষ করে মেজর অভারহলিং'এর বেলায় আগে থেকেই কাজের প্লান–প্রোগ্রাম ঠিক করে ফেলা উচিৎ। মেসিন বন্ধ করার আগেই যন্ত্রপাতি, যন্ত্রাংশ ও প্রয়োজনীয় মালপত্র মজুদ আছে কিনা দেখে নেয়া উচিৎ। পূর্ন কাজটিকে কতজন লোকে কি ভাবে করলে কম সময়ে ভালভাবে শেষ করা যাবে তার একটা হিসাব নিকাশ করে দেখা উচিৎ। একটি অভারহলিং'এ কি কি কাজ অন্তর্ভূক্ত তার তালিকা তৈরী করে কোন কাজটির পর কোনটি আসবে এবং কোন কোন কাজ একই সময়ে করা যেতে পারে ইত্যাদি বিষয় সনাক্ত করে নেয়া দরকার। এতে কাজের শৃঙ্খলা থাকে। সম্পূর্ণ কাজটি ধাপে ধাপে কিভাবে সম্পাদিত হবে এবং শেষ পর্যায়ে যাবে এর একটি প্লানিং বা কার্য্য নকসা প্রণয়ন করে নেয়া বিশেষ প্রয়োজন। একজন অভিজ্ঞ ব্যক্তিই ইহা প্রণয়ন করতে পারেন এবং অন্য সকল কর্মীরা সহজেই উহা অনুসরন করতে পারেন। এতে কার্য্য পরিচালনা ও নিয়ন্ত্রনের খুব সুবিধা হয়। এই ধরনের প্লানিং ও প্রোগ্রাম অনেক ভাবে করা যায়। তবে বর্তমান দুটি পদ্ধতি বিশেষভাবে প্রচলিত আছে। যথাঃ–

১। বার চার্ট পদ্ধতি (Bar-chart Technique) ঃ– এই পদ্ধতি বহুল ব্যবহৃত। ছোট বড় সব রকম কাজের প্লানিং করার জন্য বার চার্ট বিশেষ সহায়ক হয়।

এই পদ্ধতিতে মোট কাজগুলিকে ক্রমান্বয়ে একদিকে লিখে নিতে হবে। তার ডান দিকে সময়ের উপর ভিত্তি করে অনেকগুলি ঘর থাকবে। এখন একেকটা কাজের জন্য কত সময় এবং কতজন লোক প্রয়োজন তার হিসাব করতে হবে। কাজটি কোন পর্যায়ে হবে অর্থাৎ কোন কাজ সম্পাদনের পর ইহা করা যাবে বা এমনও হতে পারে যে অন্য একটির সাথে একই সময়ে করা যেতে পারে। সেই অনুসারে পাশের ছকে রেখা দ্বারা চিহ্নিত করতে হবে। এইভাবে সম্পূর্ণ কাজগুলি বিন্যাস হয়ে গেলে পরীক্ষা করে দেখতে হবে মোট সময় কত লাগল এবং কোন লোক কোথায় কতটা সময় ব্যয় করল এবং সময়ের সদব্যবহার হল কিনা। প্রয়োজনবোধে ভুল ত্রুটি নিরসন করে পুনরায় ছকটিকে সঠিক করে নিতে হবে। কার্য্য সম্পাদনের এইরুপ ছককে বার চার্ট বা গেন্ট চার্ট (Gantt chart) বলে। নিম্নে একটি মাঝারি ধরনের লেদ মেসিনের পূর্ণ অভারহলিং কাজের একটি বার চার্ট পরের পৃষ্টায় দেখান হলঃ

ছক নং–৩৩ বার চার্ট।

কার্য্যের বিবরন Description of works	কার্য্যরত দিন (Working days)						
	১	২	৩	৪	৫	৬	৭
১। যন্ত্র ও যন্ত্রাংশ বিজোড়ন বা বিযোজন Dis-assembly of machine & parts							
২। যন্ত্রাংশ সমূহ পরিষ্কার ও ধৌত করা Cleaning and washing out of parts							
৩। ত্রুটি নির্নয় ও তালিকা প্রণয়ন Making defect list							
৪। বেড গাইড গ্রাইন্ডিং করা Grinding of bed guides							
৫। কেরেজের গ্রাইন্ডিং ও স্ক্রেপিং কাজ Grinding and scraping of carriage							
৬। এপ্রন মেরামত Repair of apron							
৭। বেড গাইডের সাথে মিলিয়ে কেরেজের স্ক্রেপিং scraping of carriage against the bed -guide							
৮। হেড স্টকের মেরামত ও পুনরায় স্থাপন Repair of head stock & installing it back							
৯। ফিড বক্সের মেরামত Repair of feed box							
১০। কেরেজের সংযোজন Assembly of carriage							
১১। ফিড বক্স ,এপ্রন,লিড স্ক্রু ও ফিড সাফট সংস্থাপন Installation of feed box, apron, lead screw and feed shaft.							
১২। টেইল স্টক সংযোজন Assembly of tail stock							
১৩। কোলিং সিস্টেম সংযোজন Assembly of cooling system							
১৪। ইলেকট্রিক মটর পুনরায় স্থাপন ও টেঙ্কে তৈল ঢালা Installing electric motor & filling oil reservoirs.							
১৫। সমন্বয় সাধন ও খালি চালান Regulation, finishing work & idle run							
১৬। পরীক্ষা নিরীক্ষা Testing							

সংকেত রেখার বিশ্লেষণঃ-

▬▬▬ একজন ভাল ফিটার বা ফোরম্যান ও একজন হেলপারের কাজ
__________ একজন ফিটারের কাজ
— — — — — - একজন সাধারন ফিটারের কাজ

বিঃ দ্রঃ অর্থাৎ তিনজন ফিটার ও একজন হেলপার ৭ দিনে অভারহলিং কাজটি সম্পন্ন করবে। একটি কার্য্যের পাশে ভিন্ন ভিন্ন কর্মীর জন্য তিনটি রেখা না দিয়ে কার্য্য বরাবর একটি রেখা দিয়ে সাধারন বার চার্ট তৈরী করা হয়। তাহা কর্মী সংখ্যার বিশ্লেষণ না দিয়ে সময়ের উপর ভিত্তি করেই তৈরী হয় এবং সেখানে একটি কার্য্যের জন্য সর্বোচ্চ সময় সীমা রেখা টেনে দেখান হয়।

সিপিএম এবং পার্ট চার্ট বা জাল (CPM and PERT chart) ঃ-

বার চার্টের চেয়ে আরো অধিক সুক্ষ্ম ও সঠিক সময়ের হিসাব, প্রোগ্রামিং এবং কার্য্য বিন্যাস করে একটি কার্য্য সম্পাদন পদ্ধতি ১৯৫৬-৫৭ সালে চালু করা হয়েছে যার নাম প্রসেস ইভালুয়েসন এন্ড রিভিউ টেকনিক,সংক্ষেপে পার্ট (Process Evaluation and Review Technique, in short PERT) বলে আখ্যায়িত হয়েছে। এর কাছাকাছি সময়ে একই ধরনের আরেকটি পদ্ধতি চালু হয় যাকে ক্রিটিকাল পাথ মেথড (Critical Path Method, in short CPM) সংক্ষেপে সিপিএম বলে আখ্যায়িত হয়। মুলত দুইটির প্রক্রিয়া ও কার্য্য বিন্যাস একই। পার্থক্য শুধু এই যে পার্টে যে সময়ের হিসাব করা হয় সেখানে সময়ের কমপক্ষে (minimum) এবং বেশীর পক্ষে (maximum) অর্থাৎ দুইটি হিসাবই ধরা হয়। অর্থাৎ নূতন কোন প্রজেক্ট বা প্রথম বারের মত কোন কাজ হাতে নিলে সময়ের সঠিকতা নির্নয় করা সম্ভব নয় বলে এমনটা প্রয়োজন হয়। কাজ অগ্রসর কালে মাঝে মাঝে সময়ের যোগ বিয়োগ করে নূতন অবস্থান সনাক্ত করা হয় এবং নূতনভাবে সময় বিন্যাস করা হয়। সি পি এম এর বেলায় সময় নিরুপন একবারই করা হয় যার ব্যতিক্রম খুব কমই ঘটে। অর্থাৎ কোন একটা প্রজেক্ট বা অভারহলিং কাজ সুষ্ঠুভাবে সম্পন্ন করতে মোট কত দিন সময় লাগবে ইহা যেন পরীক্ষিত বিষয়। উনিশ বিশ যে হতে পারে না তা নয়, তবে এমনটা খুব কম ঘটে। যেমন একটা নির্দিষ্ট টারবাইনের অভারহলিং কার্য্য উত্তমরূপে সম্পাদন করতে কত দিন সময় লাগবে তা প্রস্তুতকারক বা অভিজ্ঞ ব্যক্তি দ্বারা সুনির্দিষ্ট থাকে এবং কাজকে কিভাবে ধাপে ধাপে আগাতে হবে তাহাও স্থির করা থাকে।

সি পি এম বা পার্ট পদ্ধতিতে ছোট থেকে বড় সব রকম প্রজেক্ট সুচারুরূপে করা যায়, তবে বড়-বড় প্রজেক্ট এবং কর্মকান্ডের জন্য বেশী উপযুক্ত। বর্তমানে সি পি এম এবং পার্টের সমন্বয় সাধন করে কাজের প্রোগ্রাম–জাল তৈয়ী করা হয়ে থাকে যাকে নেট ওয়ার্ক বিশ্লেষণ পদ্ধতি (Net Work Analysis) বলে। যে ভাবেই করা হউক না কেন মূলচিন্তা ধারা একই প্রকারের। মেইন্টেনেন্স এবং অভারহলিং'এর ক্ষেত্রে সি পি এম পদ্ধতিই বিশেষ প্রযোজ্য। সুতরাং এখানে সিপিএম এর উদাহরন ও ব্যাখ্যা দেয়া হল। সি পি এম বা পার্ট সম্পর্কে বুঝতে হলে নীচের টীকা সমূহ সম্পর্কে ধারনা থাকা দরকারঃ

ইভেন্ট (Event) ঃ– ইহা যে কোন একটা কাজের শুরু বা শেষ কেন্দ্রস্থল যা একটি বৃত্ত দ্বারা প্রকাশ করা হয়। ইহা একটা সংখ্যা দ্বারা সনাক্ত করা হয়ে থাকে।

একটিভিটি (Activity) ঃ– সম্পূর্ণ কাজকে বিভক্ত করে যে এককেটি ক্ষুদ্র কাজের ফ্রেম তৈরী করা হয় তাহাই একটিভিটি বা কাজ। এই কাজগুলি এমনভাবে সাজান হয় যেন কাজটা পরস্পর সম্পর্ক বা ধারা বজায় থাকে। এইক্ষেত্রে কোন কাজটির পর কোনটি আসবে বা কোন কাজটা কোনটার উপর নির্ভরশীল ইত্যাদি বিষয়ের উপর লক্ষ্য রাখা হয়। একটিভিটিকে তীর রেখা দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

ইলাপসড টাইম (Elapsed time)ঃ– একটি একটিভিটি সম্পাদন করতে যে সময় প্রয়োজন এবং ইহা t- দ্বারা রেখার উপর সরাসরি সময় লিখে প্রকাশ করা হয়।

টোটাল টাইম (Total time) ঃ– সম্পূর্ণ কার্য্য অর্থাৎ সমস্ত একটিভিটি গুলি সম্পাদন করতে মোট যে সময় প্রয়োজন এবং ইহা `T' দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

ফ্লোট (Float) ঃ– একটি কাজের সমাপ্তি সময় ও পরবর্তী কাজের প্রারম্ভ সময়ের মধ্যকার ব্যবধানকে ফ্লোট বলে। অর্থাৎ কোন একটা কাজের সময় বেচে যাওয়া যাহা অন্য কাজ দিয়ে পূরণ করা যায় বা করা হয়।

ম্যান আওয়ার (Man hour)ঃ—কোন একটি কাজ সম্পাদন করতে যতটা সময় লাগে এবং যতজন উহা সম্পন্ন করে তার গুনফল হল ম্যান আওয়ার। যেমন ৩ জন লোক ৪ ঘন্টায় একটি কাজ সম্পন্ন করল, তাহলে আমরা বলব যে ঐ কাজটি করতে ৩ x৪=১২ ম্যান আওয়ার লেগেছে। কোন একটিভিটি রেখার উপর এই ম্যান আওয়ার লেখা যেতে পারে অথবা ম্যান এবং আওয়ার আলাদা আলাদা করেও লেখা যায়।

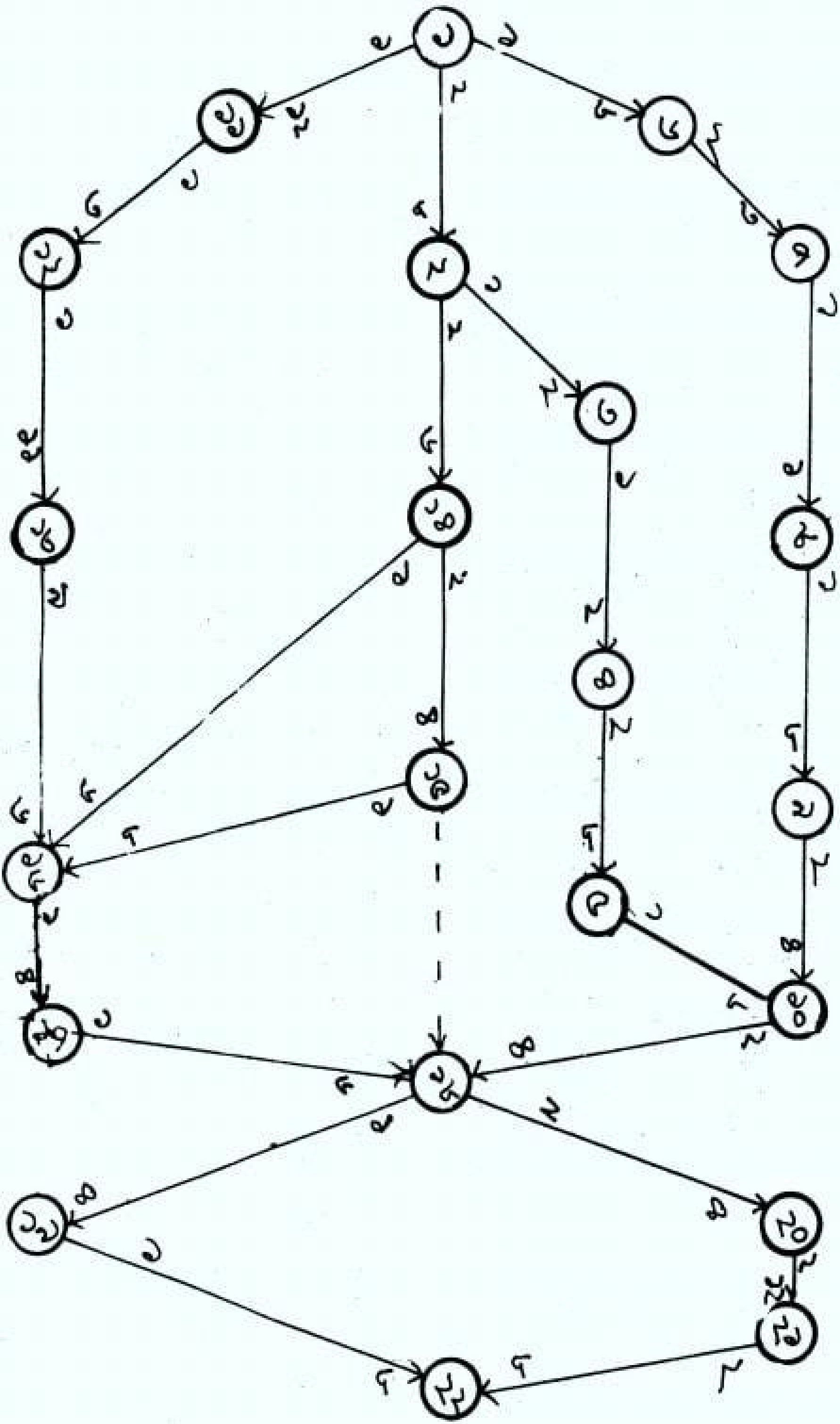
ক্রিটিক্যাল পাথ (Critical path) ঃ— ইহা একটি কার্য্য ধারা যা প্রথম কার্য্য পথ থেকে শেষ পর্যন্ত মূল একটিভিটি সমূহকে পর্যায়ক্রমে এগিয়ে নিয়ে যায়। অন্যান্য কার্য্যের সময় নিরুপন বা বিন্যাস ক্রিটিকাল পাথের উপর নির্ভরশীল। অর্থাৎ এই পাথের কার্য্য সমূহের কোন বিচ্যুতি ঘটলে সমাপ্তি টারগেটে পৌছতে তারতম্য ঘটবে। সুতরাং প্রোগ্রাম জালের ইহা গুরুত্বপূর্ণ লাইন। ক্রিটিক্যাল পাথের তীর রেখাগুলি মোটা দাগ বা লাল দাগ দ্বারা চিহ্নিত করা হয়ে থাকে। অন্যান্য কার্য্য পথ ইহাকে ঘিরে বিন্যস্ত করা হয়।

এবার একটি মাঝারি ধরনের লেদ মেসিনের অভারহলিং কার্য্য সম্পাদন করার জন্য ক্রিটিকাল পাথ মেথডের জাল কিভাবে সাজান হয় তাহা দেখান হল।

১০৫ নং চিত্র হতে আমরা দেখতে পারছি যে এই জাল চিত্রে মোট ২২ টি ইভেন্ট আছে। এর ক্রিটিকাল পাথ হল ১–২–৩–৪–৫–১০–১৮–২০– ২১–২২ নম্বরের কার্য্যসমূহের লাইন। এই পাথের কাজগুলি সম্পন্ন করতে একজন লোকের প্রতিদিন ৮ঘন্টা করে কাজ করলে এবং প্রয়োজন অনুসারে তার সহকারীর সাহায্য নিলে ৭ দিন সময় লাগবে অর্থাৎ কার্য্য ব্যাপ্তি ৫৬ ঘন্টা দরকার হবে। অন্যান্য কাজগুলি এই সময়ের মধ্যেই সমন্বয় সাধন করে সমাপ্ত করতে হবে এবং সেভাবেই বিন্যস্ত করা হয়েছে। ৩৪ নং ছক মোট কাজগুলিকে কিভাবে প্রথমে সময়ের ভিত্তিতে বিভক্ত করা হয়েছে তাহা দেখান হল।

অভারহলিং কার্য্য যে পদ্ধতিতেই করা হউক না কেন খেয়াল রাখতে হবে যেন ম্যান–আওয়ার অপচয় না হয়। কাজের প্লানিং এমন হতে হবে যেন কেউ হাতে কাজ পাচ্ছেনা বলে বসে না থাকে। প্রত্যেকদিন প্রত্যেকে কি কাজ করবে তা আগে থেকে সুনির্দিষ্ট থাকতে হবে।

সংকেত:— ○ ইভেন্ট, ——→ একটিভিটি, —২→ কর্মসংখ্যা, —৪→ কর্মঘণ্টা, - - -→ ডামি।



চিত্র নং—১০৮ ক্রিটিক্যাল পাথ জাল বা রেখা চিত্র।

ছক নং–৩৪, ক্রিটিক্যাল পাথ কার্য্য বিন্যাস।

কার্য্যের বিবরন	ইভেন্ট নম্বর	কর্মী সংখ্যা	ঘন্টা	মোট ম্যান আওয়ার
যন্ত্র ও যন্ত্রাংশ বিযোজন				
–হেড স্টক	১–২	২	৮	১৬
–কেরেজ ও অন্যান্য	১–১১	১	১২	১২
–টেইল স্টকও অন্যান্য	১–৬	১	৯	৮
যন্ত্রাংশ সমুহ পরিষ্কার				
–হেড স্টক	২–৩	১	২	২
–কেরেজ ও অন্যান্য	১১–১২	১	৩	৩
–টেইল স্টক ও অন্যান্য	৬–৭	২	৩	৬
ত্রুটি নির্ণয় ও তালিকা প্রনয়ন				
–হেড স্টক	৩–৪	১	২	২
–কেরেজ ও অন্যান্য	১২–১৩	১	১	১
–টেইল স্টক ও অন্যান্য	৭–৮	১	১	১
বেড গাইড গ্রাইন্ডিংকরা–	২–১৪	২	৬	১২
কেরেজ গ্রাইন্ডিং ও স্ক্রেপিং				
করা–গ্রাইন্ডিং	১৩–১৬	১	৬	৬
–স্ক্রেপিং	১৪–১৬	১	৬	৬
বেডকে স্টান্ডের উপর				
সংস্থাপন --	১৪–১৫	২	৪	৮
এপ্রন মেরামত--	১৬–১৭	১	৪	৪
বেড গাইডের সাথে মিলিয়ে				
কেরেজের ক্রেপিং ---	১৫–১৬	১	৮	৮
হেড স্টক মেরামত ও				
পুনরস্থাপন ----	৪–৫	২	৮	১৬
ফিড –বক্স মেরামত				
ও সংস্থাপন ----	৫–১০	১	৮	৮
কেরেজের সংযোজন	১৭–১৮	১	৬	৬
এপ্রন সংস্থাপন	১৮–১৯	১	৪	১
লিঢ স্ক্রুও ফিড সাফট				
সংস্থাপন ---	১৮–২০	২	৪	৮
টেইল স্টক সংযোজন	৮–৯	১	৮	৮
কেলিং সিষ্টেম সংযোজন	৯–১০	২	৪	৮
ইলেকটিক মটর পুনস্থাপণ				
ও টেঙ্কে তেল ঢালা ---	১০–১৮	২	৪	৮
সমন্বয় সাধন	১৯–২২	১	৮	৮
রেগুলেসন ও খালি চালান	২০–২১	২	১২	২৪
পরীক্ষা নিরীক্ষা	২১–২২	২	৮	১৬
				২০৯

ওভারহলিং কাজ সমাপ্ত হলে কি কি কাজ করা হল, কি কি ত্রুটি বিচ্যুতি যন্ত্রে পাওয়া গেল, কি কি নূতন যন্ত্রাংশ ব্যবহার করা হল, ক্লিয়ারেন্স ও নূতন মাপ পরিমাপ কত, মালামাল কি পরিমাণ খরচ হল ইত্যাদি বিষয় সম্বলিত একটি রিপোর্ট প্রনয়ন করতে হয়। সেজন্য কাজ চলার সময় প্রয়োজনীয় বিষয়গুলি একটি খাতায় নোট করে রাখতে হয়। পরে রিপোর্ট তৈরী হলে তা যন্ত্রের ইতিহাস ফাইলে পরবতী সময়ের জন্য রেকর্ড হিসাবে রাখতে হয়। সংরক্ষণ বিভাগে প্রত্যেক যন্ত্রের জন্য একটি করে ইতিহাস বই বা হিষ্টরী ফাইল (History file) রাখতে হয়; যেন কোন একটি যন্ত্রের যে কোন সময় কোনরূপ উল্লেখযোগ্য কাজ, যন্ত্রাংশ পরিবর্তন, মেরামত, পরিবর্ধন বা কোন কিছুর সংযোজন হলে এই ইতিহাস বইয়ে লিপিবদ্ধ করে রাখা যায়। এই ইতিহাস পরবতী সময়ে যন্ত্রের জন্য অনেক উপকারে আসে।

মালামাল ব্যবস্থাপনা (Material Management)

যে কোন প্রতিষ্ঠান বা কারখানায় যে সব মালামাল ব্যবহার হয় তার কেনাকাটা, সরবরাহ, তৈরী করণ এবং যথাস্থানে সংরক্ষণ ও যথাসময়ে সরবরাহ করার জন্য যে ব্যবস্থাপনার প্রয়োজন হয় তাহাই মালামাল ব্যবস্থাপনা হিসাবে ধরা হয়। মালামাল ব্যবস্থাপনা একটি প্রতিষ্ঠানের লাভ–লোকসানের সাথে বিশেষ ভাবে জড়িত। প্রত্যেক কারখানার মালিক বা ব্যবস্থাপক প্রায়ই এই সমস্যার সম্মুখীন হন যে কি পরিমাণ মাল এবং যন্ত্রাংশ মজুদ রাখবেন। কোথায় রাখবেন, কিভাবে রাখবেন, কখন ক্রয় করবেন, কি পরিমান ক্রয় করবেন ইত্যাদি। বেশী মালামাল মজুদ রাখার অর্থ হল অতিরিক্ত টাকা আটক করে রাখা। আবার কম পরিমাণ মওজুদ রাখলে যে কোন সময় স্টক নিঃশেষ হওয়ার সম্ভাবনা থাকে এবং ফেক্টরী অচলাবস্থা সৃষ্টি হয়ে থাকে। অতএব উভয়দিক চিন্তাভাবনা, বিচার বিবেচনা ও হিসাব নিকাশ করে এর ব্যবস্থাপনা করার প্রয়োজন হয়। তবে এই সমস্যার সম্পূর্ণ সমাধান কখনোও সম্ভব নয়। যতটা সম্ভব সুব্যবস্থার চেষ্টা করা উচিৎ। আর এই সুব্যবস্থা নির্ভর করে মালামাল ক্রয়, সরবরাহ ও নিয়ন্ত্রনের উপর। কোন ব্যবসা বা ফেক্টরীতে ব্যবহৃত মালামালের এই নিয়ন্ত্রন বা ব্যবস্থাপনা ইনভেন্টরী কন্ট্রোল (Inventory control) হিসাবেও পরিচিত। ইনভেন্টরী কন্ট্রোলের ফলে মালামাল এবং যন্ত্রাংশ ক্রয় ও রক্ষা ও সরবরাহের জন্য খরচ যথাসম্ভব কমে যায়। সেজন্য বর্তমানে ইনভেন্টারী

কন্ট্রোল যথেষ্ট গুরুত্ব সহকারে গৃহীত হয়ে থাকে। এর অব্যবস্থার জন্য লাভের পরিমাণ কমে যায় এবং ক্ষতির সম্ভাবনা থাকে। আমাদের দেশে লক্ষ্য করা গেছে যে সরকারী শিল্প প্রতিষ্ঠানগুলিতে অনেক মালামাল ও যন্ত্রাংশ অতিরিক্ত জমা হয়ে থাকে। আবার হয়ত কিছু কিছু প্রয়োজনীয় জিনিষের প্রায়ই অভাব দেখা যায়। অন্য দিকে ব্যক্তিগত মালিকাধীন প্রতিষ্ঠানগুলিতে মালামাল এবং যন্ত্রাংশের টানাটানি প্রায়ই লেগে থাকে। এর কোনটাই উপযুক্ত ব্যবস্থাপনা নয়। বিশেষ করে অতিরিক্ত মালামাল বা যন্ত্রাংশ দীর্ঘ সময়ের জন্য আটক থাকা দুষ্টক্ষত হিসাবে বিবেচিত হওয়া উচিৎ। এর খারাপ দিকগুলি হলঃ–

১। অতিরিক্ত মাল আটক রাখার অর্থ হল অধিক মুলধন আবদ্ধ করে রাখা যা অন্য কাজে খাটিয়ে লাভ করা যেত।

২। অতিরিক্ত মাল ক্রয়ের অর্থ হল অতিরিক্ত বহন খরচ, ষ্টোরের অতিরিক্ত জায়গা দখল ও সংরক্ষণ খরচ। এ ছাড়া বেশী ব্যবহার, ইনসুরেন্স, ট্যাক্স ইত্যাদি খরচ বেশী হওয়া।

৩। অধিক সময়ের জন্য মাল মওজুদ থাকার ফলে এর মান ও অবস্থার অবনতি হয়ে থাকে বা নষ্ট হয়ে যায়। ইহা ছাড়া কোন কোন জিনিষ সময়ের ব্যবধানে এবং নূতন জিনিষের উন্নত মানের তুলনায় পুরাতন জিনিষ বাতিল হওয়ার সম্ভাবনা থাকে।

৪। দর পরিবর্তনের ফলে অনেক জিনিষের দাম পরে সস্তা হয়ে যায়।

একটি শিল্প প্রতিষ্ঠানে অনেক রকম মালামালের প্রয়োজন হয়ে থাকে। কাঁচা মাল থেকে শুরু করে ইট, সিমেন্ট, লোহা–লক্কর, যন্ত্রাংশ ইত্যাদি। যন্ত্র সংরক্ষণ বিভাগের দায়িত্ব যন্ত্রাংশ ও সংরক্ষণ কাজে ব্যবহৃত মাল মশলা যথা গেসকেট, পেকিং, কেরোসিন, মেটাল সীট, রড ইত্যাদি জিনিষের হিসাব ও লক্ষ্য রাখা। সুতরাং এই সব জিনিষ পত্র ক্রয়, নিয়ন্ত্রন ও ব্যবস্থাপনা সম্পর্কেই আমাদের চিন্তা সীমাবদ্ধ থাকবে।

যন্ত্র সংরক্ষণে ব্যবহৃত মালামালকে তিনটি গ্রুপে ভাগ করা যেতে পারে। যথা ঃ–

(ক) যে সব মাল হরহামেসা ব্যবহৃত হয় এবং নিকটবর্তী বাজারে সর্বদা পাওয়া যায়।

(খ) যে সব জিনিষ বা যন্ত্রাংশ বিদেশ থেকে বা যন্ত্র প্রস্তুতকারক থেকে অর্ডার দিয়ে আনতে হয়।

(গ) যে সব জিনিষ বা যন্ত্রাংশ দেশীয় কোন কারখানা বা ওয়ার্কশপ থেকে প্রস্তুত করে আনা যায়।

জিনিষ ক্রয় ও মওজুদ করে রাখার সময় গ্রুপ অনুসারে বিবেচনা পেয়ে থাকবে এবং সেই অনুসারে পরিমাণ নিয়ন্ত্রিত হবে। গুরুত্বের দিক থেকে আবার মালামালকে তিনটি দলে ভাগ করা যায়। যথাঃ-

১। মূল্যবান জিনিষ ও যন্ত্রাংশ বা ভাইটাল আইটেম (Vital item) অর্থাৎ যার অভাবে উৎপাদন বন্ধ হতে পারে।

২। প্রয়োজনীয় জিনিষ বা এসেনসিয়াল আইটেম (Essential item) অর্থাথ যার অভাবে উৎপাদন ব্যাহত হতে পারে বা আংশিক ক্ষতি হতে পারে।

৩। অন্যান্য দরকারী জিনিস পত্র বা ডিজায়ারেবল আইটেম (Desirable item) অর্থাৎ যার অভাবে শীঘ্র উৎপাদনের ক্ষতির সম্ভাবনা থাকে না।

জিনিষ পত্র অর্ডার করার সময় বা ক্রয় করার সময় এই তিনটি বিষয় গুরুত্ব সহকারে বিবেচিত হয়ে থাকে। অর্থাৎ ভাইটাল আইটেম সর্বদা যথেষ্ট পরিমাণে মওজুদ রাখতে হবে, এর পর এসোসিয়াল আইটেম; এবং অন্যান্য জিনিষ যতটা কম কিনে পারা যায়।

ইনভেন্টারী কন্ট্রোল বিশারদরা বিভিন্ন প্রতিষ্টানের ষ্টোর জরিপ করে দেখেছেন যে ষ্টোরে সংরক্ষিত মালামাল সমান হারে ব্যবহৃত হয় না। ব্যবহারের হার ও গুরুত্ব অনুসারে মালামালকে A,B,C তিনটি গ্রুপে ভাগ করেছেন যা ABC নীতি হিসাবে প্রতিষ্টিত হয়েছে। অর্থাৎ গ্রুপ A যাহা ১০% আইটেমের ৬৫% গুরুত্ব আছে। গ্রুপ B, যাহা ২০% আইটেমের ২৫% গুরুত্ব আছে। গ্রুপ-C যাহা ৭০% আইটেমের ১০% গুরুত্ব আছে। সুতরাং দেখা যাচ্ছে যে কম গুরুত্বের আইটেমই বেশী। অতএব এর অর্ডার ও পরিমাণ সীমিত করা সহজ এবং মুলধন বাঁচান সম্ভব। ষ্টোরের মালামালকে ABC নীতি অনুযায়ী বিশ্লেষণ বা এনালাইসিসের মাধ্যমে বিভক্ত করে সনাক্ত করার প্রয়োজন আছে।

ইনভেন্টরী কন্ট্রোলে দুটি বড় প্রশ্ন সমস্যা হিসাবে দেখা দিয়ে থাকে যার সঠিক নিরূপন না হলে অর্থ অপচয় অবশ্যম্ভাবী। প্রথম প্রশ্নটি হল –কি পরিমাণ জিনিষ বা যন্ত্রাংশ প্রতিবারে অর্ডার করতে হবে বা ক্রয় করতে হবে। দ্বিতীয়টি হল –'কখন অর্ডার দিতে হবে বা ক্রয় করতে হবে। এই দুটি প্রশ্নের সাথে চারটি খরচ সংযুক্ত।যথা–

১। মাল বা যন্ত্রাংশের আসল মূল্য।

২। উহা ষ্টকে রাখার মূল্য।

৩। অর্ডার তৈরী ও অর্ডার দেয়ার খরচ।

৪। বহন বা সিপমেন্ট খরচ।

মাল বা যন্ত্রাংশের মূল্য সময়ের সাথে বেড়ে যেতে পারে, তবে ইহা তেমন বিবেচনাধীন নয়। কিন্তু বার বার মাল অর্ডার দেয়া ও বহন খরচ অবশ্য বিবেচনার বিষয়।

উপরের দুটি প্রশ্নের প্রথমটির একটি সহজ উত্তর হল যে বিগত বৎসরগুলিতে যে পরিমাণ বা যে হারে মালামালের ব্যবহার হয়েছে সেই হার অনুসারেই ভবিষ্যতের জন্য অর্ডার দিতে হবে। কিছু কিছু জিনিস আছে যেগুলি প্রত্যেক বৎসর প্রায় একই পরিমাণ ব্যবহার হয়ে থাকে। কিন্ত্র সর্বক্ষেত্রে ইহা প্রযোজ্য নয়। যেমন একটি যন্ত্রে নূতন অবস্থা থেকে ৩/৪ বৎসর যন্ত্রাংশ ব্যবহারের মাত্রা কম হতে পারে। পঞ্চম ও ষষ্ট বৎসরে সেই অনুপাতের চেয়ে অনেক বেশী লাগতে পারে। যন্ত্রের বয়স অনুসারে কোন যন্ত্রাংশ কত বেশী পরিমাণ লাগতে পারে তা এই লাইনে অভিজ্ঞ ব্যক্তি অনুমান করতে পারবেন। তবে এটা সত্য যে বিগত বৎসরগুলির যন্ত্রাংশ ব্যবহারের হার একটা দিক নির্দেশনা দিবে। যদি প্লান্ট নূতন হয় তবে সে ক্ষেত্রে একমাত্র অভিজ্ঞতা বা প্রস্তুত কারকের নির্দেশ মোতাবেক যন্ত্রাংশ ক্রয় করতে হয়। প্রত্যেক শিল্প প্রতিষ্ঠানে *বৎসরে অন্তত একবার মালামাল ও যন্ত্রাংশের ব্যবহার হার, ষ্টকের অবস্থা ভবিষ্যতের প্রয়োজনীয়তা ইত্যাদি বিষয়ে হিসাব নিকাশ করে দেখা উচিত।*

কখন অর্ডার দিতে হবে তার উত্তরে বলা যায় যে কোন জিনিষ বা যন্ত্রাংশ অর্ডার দেয়া থেকে হাতে পাওয়া পর্যন্ত যে সময় লাগে সেই পরিমাণ সময় হিসাব করে অর্ডার দিতে হবে। আবার মওজুদ যন্ত্রাংশের পরিমান কত আছে তাহাও

বিবেচ্য। অর্থাৎ স্টকের অবস্থা সর্বনিম্ন কি পরিমাণে পৌছলে অর্ডার দেয়া উচিৎ তাহাও বুঝতে হবে। আবার অর্ডার দেয়ার পর নূতন মাল পৌছতে পৌছতে যেন বর্তমান স্টক নিঃশেষ না হয়ে যায় তাহা চিন্তায় রাখতে হবে।

যদি কোন যন্ত্রাংশ অর্ডার প্রস্তুতি থেকে শুরু করে গুদামে তা পৌছান পর্যন্ত ২ বৎসর সময় লাগে তবে ৩–৪ বৎসরের ব্যবহারযোগ্য পরিমাণ যন্ত্রাংশ অর্ডার দেয়া উচিৎ। যে সব মালামাল আঞ্চলিক বাজারে পাওয়া যায় সেগুলির হিসাব প্রতি ৩/৪ মাসে অন্তত একবার করে করা উচিৎ এবং আগামী ৬ মাস বা এক বৎসরের ব্যবহারযোগ্য পরিমাণ মাল ক্রয় করা উত্তম। অভিজ্ঞতা এবং জ্ঞান বুদ্ধি দিয়ে এসব সমস্যার মোটামুটি একটা সমাধান বা হিসাব নিকাশ করা সম্ভব। তবে সর্বক্ষেত্রে বা সবসময় এই বিচার বুদ্ধি সঠিক খাটানো সম্ভব নাও হতে পারে। তাছাড়া সেরূপ অভিজ্ঞ ব্যক্তি সর্বত্র নাও থাকতে পারেন। সেজন্য যন্ত্র সংরক্ষণ মালামাল ব্যবস্থাপনায় অভিজ্ঞ ও বিশ্লেষণবিদরা ইনভেন্টরী কন্ট্রোলের সমস্যা সহজ করার নিমিত্তে কিছু ফরমুলা, সমাধান ও বিষয়বস্তু নির্ধারন করে গেছেন যা এই বিষয়ে উপকারী। এই বিষয়ে আমাদের কিঞ্চিৎ জানার ও বুঝার দরকার আছে। তার আগে এই ক্ষেত্রে ব্যবহৃত বিষয়, শব্দমালা ও টীকাগুলি সম্পর্কে ধারনা করে নেয়া দরকার।

যথাঃ–

বাৎসরিক গড় ব্যবহার (Average Annual Usage, A) ঃ–

যে কোন মাল বৎসরে কি পরিমান ব্যবহার হয়েছে তাহাই বাৎসরিক ব্যবহার, যার সংকেত হল `A'। প্রতি বৎসর সমপরিমাণ ব্যবহার নাও হতে পারে। সে জন্য বিগত বৎসরগুলির গড় হিসাব ধরা হয়। বাৎসরিক গড় ব্যবহারের হার নূতন অর্ডারের পরিমাণ নির্নয়ে যথেষ্ট সাহায্য করে। যদি প্লান্ট নূতন হয় বা পুরাতন হিসাব না থাকে তবে আগামী ৩ বৎসরে কি পরিমাণ মাল প্রয়োজন হতে পারে তার অনুমান করে ১ বৎসরের হিসাব ধরে নিতে হবে।

অনেক আইটেম আছে যা প্রতি মাসেই যথেষ্ট পরিমাণ ব্যবহার হয়ে থাকে। সেগুলির জন্য মাসিক ব্যবহারের গড় নেয়া হয়, যার সংকেত `MA'। তবে হিসাবের প্রয়োজনে মাসিক হিসাব থেকে বাৎসরিক পরিমাণ বের করা যায়, আবার বাৎসরিক থেকে মাসিক হিসাবও পাওয়া যায়।

অগ্রগন্য সময় (Lead Time, L) ঃ– কোন মালের প্রয়োজন হলে তা সাথে সাথে ক্রয় করে ষ্টোরে নিয়ে আসা সম্ভব হয় না। বিশেষ কোন জিনিষ বিশেষ ক্ষেত্রে সম্ভব হতে পারে। সাধারনত এর জন্য কিছুটা সময়ের প্রয়োজন হয়। বিদেশ থেকে যন্ত্রাংশ আনার বেলায় ৭/৮ মাস থেকে ২/৩ বৎসর লেগে যায়। এক থেকে দুই বৎসর সময় অধিকাংশ সময়েই লেগে যাবে। কোন মাল বা যন্ত্রাংশ ক্রয়ের জন্য ব্যবস্থা গ্রহনের সময় থেকে তা নিজস্ব গুদামে পৌছা পর্যন্ত যে সময়ের প্রয়োজন হয় তাকে অগ্রগামী সময় বা লীড টাইম বলে। এর সংকেত বর্ণ হল 'L'। এই সময় লাগার পেছনে যে সব কারনগুলি থাকে তা হলঃ–

(১) ক্রয় পত্র (purchase requisition) তৈরী

(২) ইনকুয়ারী (Inquiry), দরপত্র (quotation), বাছাই (Scrutining), অনুমোদন (approval) এবং বিদেশী মাল হলে আমদানী লাইসেন্স বা ব্যবস্থাপত্র।

(৩) প্রস্তুতকারক বা সরবরাহকারীকে অর্ডার প্রদান।

(৪) প্রস্তুতকারক অনেক সময় অর্ডার পাওয়ার পর যন্ত্রাংশ বা মাল প্রস্তুত করে থাকে যা বেশ সময় নেয়।

(৫) সরবরাহ, যানবাহন বা সিপিং ব্যবস্থায় আনয়ন।

(৬) মাল ছাড়ান বা ক্লিয়ারিং।

(৭) মাল গ্রহন ও ইন্সপেকসন।

(৮) ষ্টোরে গ্রহন ও সংরক্ষণ।

লিড টাইম মাল বা যন্ত্রাংশ কি পরিমাণ মওজুদ রাখা দরকার তার নির্ধারক। অর্থাৎ কমপক্ষে এমন পরিমাণ যন্ত্রাংশ হাতে থাকা দরকার যেন অর্ডার করা থেকে পৌছা পর্যন্ত ব্যবহারের জন্য ষ্টোরে কিছু মওজুদ থাকে। সুতরাং নূতন অর্ডার করার সময় লিড টাইমে যে পরিমাণ মাল ব্যবহৃত হবে তার চেয়ে বেশী অর্ডার করতে হয়। অন্যভাবে বলা যায় যে যদি লিড টাইম ১ বৎসর হয় তবে ২ বৎসরের আর যদি ২ বৎসর হয় তবে ৩/৪ বৎসরের ব্যবহার পরিমাণ মাল অর্ডার করা শ্রেয়।

নিরাপত্তা মওজুদ (Safety stock, S) ঃ–

বাৎসরিক ব্যবহারের হার সর্বদা সমান থাকবে এমন বলা যায় না। যদি ব্যবহারের মাত্রা বেড়ে যায় তাহলে লিড টাইম সমাপ্তির পূর্বেই স্টক শেষ হয়ে যেতে পারে। আবার যদি এমন হয় যে ব্যবহারের হার তেমন পরিবর্তন হয় নাই কিন্ত লিড টাইম অর্থাৎ মাল গুদামে পৌছতে সময় অনেক বেশী লেগে গেল সেক্ষেত্রে স্টক শেষ হয়ে যেতে পারে।অতএব এ ধরনের অনিশ্চয়তাজনিত অসুবিধা ঠেকানোর জন্য সাধারন হিসাবের বাইরে অতিরিক্ত কিছু মাল বা যন্ত্রাংশ মওজুদ রাখাকে নিরাপত্তা মওজুদ বা সেফটি স্টক বলে। এর আক্ষরিক সংকেত হল 'S' এই সেফটি স্টক কি পরিমান রাখতে হবে তাহা নির্ভর করবে ভবিষ্যৎ ব্যবহারের হার এবং লিড টাইমের ব্যতিক্রম সম্পর্কে পূর্বাভাষ বা ধারনার উপর। তবে গড়পড়তা বাৎসরিক ব্যবহারের বা প্রতি অর্ডার পরিমানের ১০–১৫% নিরাপত্তা মওজুদ হিসাবে রাখা যেতে পারে।

আসল একক মূল্য (Unit price,U) ঃ– কোন জিনিষ বা যন্ত্রাংশের জন্য প্রস্তুতকারক যে মূল্য নির্ধারন করে তাহাই আসল একক মুল্য; যা 'U' দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

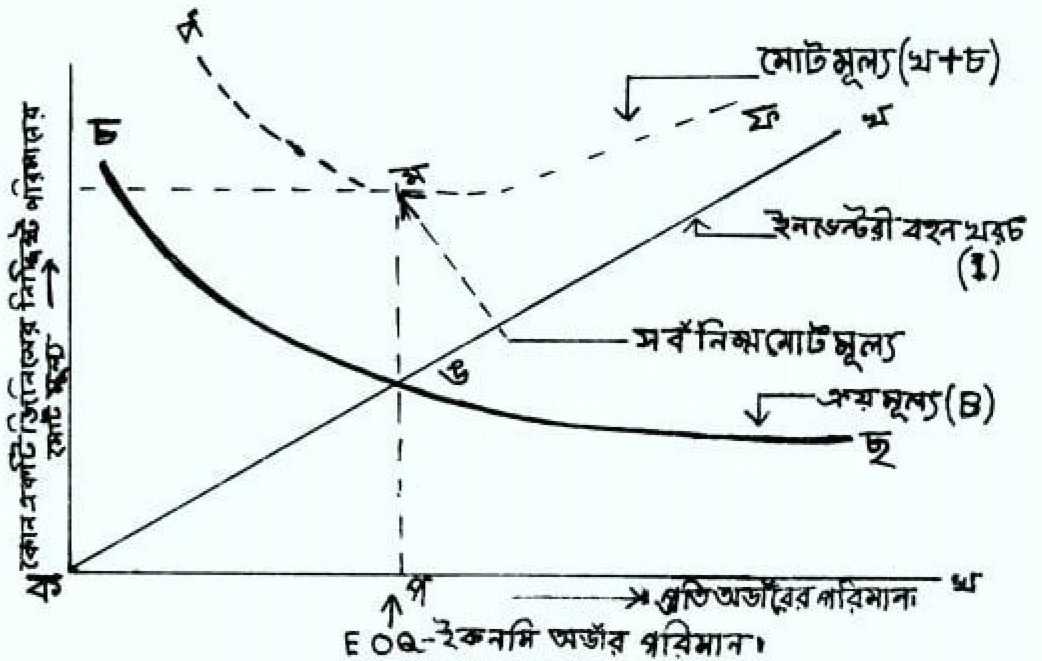
অর্ডার মূল্য বা ক্রয় মুল্য (Ordering cost or buying cost -'B')ঃ– কোন মাল ক্রয় করে গুদাম পর্যন্ত পৌছতে যে মূল্য পড়ে তাহাই ক্রয় মূল্য । অর্থাৎ মালের আসল মূল্যের সাথে যানবাহান মূল্য, অর্ডার প্রদানের মূল্য, ইনসুরেন্স খরচ ইত্যাদি সহ যে মূল্য তাহাই ক্রয় মূল্য হিসাবে গন্য হয়। সংকেত অক্ষর হল –'B'।

ইনভেন্টরী বহন মূল্য (Inventory carrying cost, I)ঃ– কোন মাল ক্রয় করে আনার পর ষ্টোরে রাখার জন্যও একটা খরচ পরে। অর্থাৎ ষ্টোরের কর্মচারীদের বেতন। ষ্টোর ভাড়া বা তার আনুপাতিক খরচ, সুদ চার্জ,মাল নষ্ট হয়ে যাওয়ার খরচ, ইনসুরেন্স মূল্য ইত্যাদি। এই মূল্য সাধারনত ক্রয় মুল্যের ১০–২০% হয়ে থাকে। ইনভেন্টরী বহন মূল্যকে ফরমূলাতে 'I' দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

পুনঃ অর্ডারের সময় (Re-order point, R) ঃ– মালের জন্য অর্ডার দেয়ার এমন একটা সময় বা পয়েন্ট যখন মাল পৌছতে পৌছতে স্টকের অবস্থা সেফটী লেবেল পরিমাণ পৌছবে। অর্থাৎ অর্ডার দেয়ার সময় স্টকে লীড

টাইমে ব্যবহার উপযুক্ত এবং সেফটী লেবেল পরিমাণ মাল থাকবে। সুতরাং আমরা বলতে পারি, পুনঃ অর্ডার সময় -R= LA+S

ইকনমিক অর্ডারের পরিমাণ (Economic Ordering Quantity, EOQ) ঃ– কোন মাল একসাথে বেশী পরিমাণ কিনলে সস্তায় পাওয়া যায়, যান বাহন খরচ কম পড়ে, বার বার অর্ডারের ঝামেলা থাকে না। সেজন্য কয়েক বৎসরের মালামাল কি একসাথে ক্রয় করে ফেলা ঠিক হবে? কিছু কিছু জিনিষ আছে প্রতি মাসেই বেশ পরিমাণ লাগে। সেগুলি কম খরচের জন্য সারা বৎসরের দরকারী পরিমাণ কেনা কি ভাল হবে? হয়ত নয়। কেননা এতে একসাথে বেশী টাকা মূলধন হিসাবে আটক থাকবে এবং ইনভেন্টরী বহন মূল্য বেশী পড়বে। অতপর দরকারী পরিমাণ মালামাল কয়েক দফায় ভাগ করে আনালে হয়ত বেশী যুক্তি সংগত হতে পারে। কি পরিমাণ মাল ক্রয় করলে উভয় দিকে সুবিধা হবে এটা সমস্যার বিষয় এবং এর মোটামুটি সমাধান বের করা প্রয়োজন। যে পরিমাণ মাল অর্ডার করলে ক্রয় মূল্য এবং ইনভেন্টরী বহন মূল্য উভয়ের সমন্বয় সাধন হবে ও মোট মূল্য সর্ব নিম্ন হবে তাকেই ইকনমিক অর্ডার পরিমাণ বা ইকনমিক অর্ডার কোয়ানটিটি বলে। নিম্নের গ্রাফিক অঙ্কন দ্বারা উহা বুঝান গেলঃ



চিত্র নং–১০৬, ইকনমিক অর্ডার কোয়ানটিটির রেখাচিত্র।

উপরের রেখা চিত্রে চ–ছ জিনিসের ক্রয় মূল্যকে বুঝিয়েছে, অর্থাৎ পরিমাণ বাড়লে মূল্য কমে আসে। আর ক–খ রেখা দেখাচ্ছে যে জিনিসের পরিমাণ বাড়লে ইনভেন্টরী বহন মূল্য বেড়ে যায়। এই দুই রেখার ছেদ বিন্দু ঙ, কে উভয়ের সমনয় সাধন বিন্দু বলা যায়। সেই অনুসারে ম–প মান হল সর্বমোট নিম্নতম মূল্য এবং ক–প হল ইকনমিক অর্ডার পরিমান EOQ। চ–ছ এবং ক–খ রেখার প্রতি বিন্দুতে যোগফল নিয়ে মোট মূল্য রেখা প–ফ অঙ্কন করা যেতে পারে যার নিম্নতম বিন্দু হল–ম। একই নিয়মানুসারে অঙ্কের বিশ্লেষণের মাধ্যমে ইকনমিক অর্ডার পরিমাণের ফর্মুলা করা হয়েছে যা নিম্নে দেয়া হল।

$$EOQ = \sqrt{\frac{\text{2x বাৎসরিক ব্যবহারের পরিমান x প্রতি অর্ডারের মূল্য}}{\text{প্রতি ইউনিট মালের ইনভেন্টরী বহন মূল্য \%এর ভগনাংশ যেমন ২০\% হল ০·২}}}$$

$$= \sqrt{\frac{2 \text{ x } AC}{I}} = x$$ (নিকটতম পূর্ণ সংখ্যা বা পূর্ণ পরিমান)

ইহা একটি সাধারন ফর্মুলা, ক্ষেত্র বিশেষে এর আরো বিশ্লেষণ দরকার। তবে মোটামুটি ভাবে দেশী বা বিদেশী বাজার থেকে হামেশা বেশী পরিমাণ জিনিষ পত্র, কাচামাল ক্রয় এবং দেশীয় বাজার হতে যন্ত্র সংরক্ষণ কাজের জন্য হর হামেশা ব্যবহারিক কাজের মালপত্র ক্রয়ের বেলায় এই ফর্মুলা অধিক প্রযোজ্য।

যন্ত্র সংরক্ষণ কাজে বিদেশ থেকে যে সব যন্ত্রাংশ (spare parts) অর্ডার দেয়া হয় এবং প্রতি আইটেমের সংখ্যা তেমন বেশী নয়, এসবের জন্য নীচের দুটি ফর্মুলা অধিক প্রযোজ্যঃ

যদি বাৎসরিক ব্যবহারের পরিমাণ দুই অথবা তার কম হয় তাহলে প্রথম ফর্মুল্য (if $A \leq 2$)

1) $EOQ = (A + LA + K \sqrt{LA}) - B' - P'$

B' হল মওজুদ যন্ত্রাংশ সংখ্যা (Balance in stock)

P' হল যা স্টকে পৌছার অপেক্ষায় আছে (pending)

যদি বাৎসরিক ব্যবহার দুইয়ের অধিক হয় (if $A > 2$), তাহলে দ্বিতীয়

ফর্মুলা লীড টাইম `L' বৎসরের হিসাবে ধরা হবে,অর্থাৎ এক বৎসর হলে ১, দুই বৎসর হলে ২ ইত্যাদি ঐ

২) EOQ = (A +AL + 0.7 LAK) -B'-P'

উপরের ফর্মুলাদ্বয়ের সকল সংকেত সম্পর্কে আগে বলা হয়েছে ,শুধু `K' সংকেত ছাড়া। এখানে K'এর অর্থ হল ক্রিটিকালিটি ফেক্টর (Criticality factor) বা ঝুঁকি ধ্রুব। এই ধ্রুব কোন একটি মাল বা যন্ত্রাংশ স্টকে থাকা না থাকার ঝুঁকি সম্পর্কিত। অর্থাাৎ কোন একটি যন্ত্রাংশ যথেষ্ট গুরুত্বপুর্ন এবং যে কোন সময় উহা স্টোরে মওজুদ পাওয়ার সম্ভাবনার মাত্রা হওয়া উচিৎ ৯৯%, এমন অবস্থায় উহার ধ্রুব সংখ্যা ধরা হবে ২·৩৩। অন্যভাবে বলা যায় যে প্লান্টের গুরুত্ব অনুসারে এবং কোন একটি যন্ত্রের গুরুত্ব অনুযায়ী যখন উহার একটি প্রয়োজনীয় যন্ত্রাংশ কেনা বা অর্ডার দেয়ার প্রশ্ন আসে তখন আমরা এই সংখ্যা ব্যবহার করব। ইহা একজনের অভিজ্ঞতার আলোকে অনুমান সংখ্যা মাত্র, যদি সবচেয়ে বেশী গুরুত্বপূর্ণ হয় অর্থাৎ ৯৯% গুরুত্বপূর্ণ হয় তখন ধ্রুব সংখ্যা ধরা হবে ২·৩৩। আর যখন গুরুত্বের মাত্রা ৫০% হবে তখন ধ্রুব সংখ্যা ধরা হবে ০। সেই অনুসারে নিম্নের টেবিল দেয়া হলঃ

প্রয়োজনীয়তা	ধ্রুব সংখ্যা
৯৯%	২·৩৩
৯৫%	১·৬৫
৯০%	১·২৮
৮৫%	১·০৪
৮০%	০·৮৪
৭৫%	০·৬৭
৭০%	০·৫০
৬৫%	০·৩৫
৬০%	০·২০
৫৫%	০·১০
৫০%	০·০০

যন্ত্রাংশ ক্রয় বা মালামাল ব্যবস্থাপনা সম্পর্কে আলোচনার উদ্দেশ্য হল এই যে যন্ত্র সংরক্ষণ বিভাগে নিয়োজিত দায়িত্ববান ব্যক্তি এই বিষয়ে যথেষ্ট গুরুত্ব

যেন দেন এবং বিচার বিবেচনা করে যন্ত্রাংশ যথা সময়ে অর্ডার দেন। যথা সময়ে অর্ডার না দেয়ার ফলে মালামালের ঘাটতি দেখা দেয় এবং সঠিক সময়ে সঠিক যন্ত্রাংশ পাওয়া যায় না। আমাদের দেশে প্রাইভেট শিল্প প্রতিষ্ঠানগুলি যন্ত্রাংশ ক্রয়ে কার্পণ্য প্রদর্শন করেন এবং উদাসীন থাকেন, আর সরকারী সংস্থাগুলি এই বিষয়ে প্রায়ই অবহেলা প্রদর্শন করে থাকেন। এমন দেখা গেছে যে যন্ত্রাংশ ক্রয়ের বিষয়ে অনেকে গুরুত্ব দেন না। আবার হঠাৎ করে যখন উপর থেকে নির্দেশ আসে তখন তাড়াতাড়ি করে একটি তালিকা প্রণয়ন করা হয় যা ত্রুটি পুর্ণ থাকে।এমন কি স্টকে কি কি মওজুদ আছে এবং তার ব্যবহার হার তলিয়ে দেখা হয় না। কেহ কেহ পুরাতন কোন যন্ত্রাংশের তালিকা থেকে কাট ছাট করে নূতন তালিকা তৈরী করে পাঠান। এতে প্রয়োজনীয় অনেক জিনিষ বাদ পড়ে যায় আবার যে জিনিষ ষ্টোরে কয়েক বৎসর পড়ে আছে তা পুনরায় অর্ডার দেয়া হয়ে যায়। এমন প্রত্যক্ষ প্রমান পেয়েছি যে একটি যন্ত্রাংশের ৪/৫ টি করে সংখ্যা ষ্টোরে আছে যা বিগত ৬/৭ বৎসরে একটিও ব্যবহার হয় নাই, অথচ নূতন করে সেই আইটেমের অর্ডার দেয়া হয়েছে এবং বৈদেশিক মুদ্রা দিয়ে তা ক্রয় করা হয়েছে। আমাদের মত গরীব দেশের পক্ষে এভাবে বৈদেশিক মুদ্রা অপচয় জাতীয় ক্ষতি ছাড়া আর কিছু নয়।

যন্তাংশ ক্রয়ের বিষয়ে আরো একটি দিক উপেক্ষিত। তাহা হল একটি যন্ত্রের যে সব যন্ত্রাংশের প্রয়োজন হয় তার অনেক কিছু নিজস্ব ওয়ার্কসপ বা দেশীয় কোন ভাল ওয়ার্কসপ থেকে তৈরী করা সম্ভব এবং আগে থেকে তৈরী করার ব্যবস্থা গ্রহন করা যেতে পারে। কিন্তু অনেক শিল্প প্রতিষ্ঠান বিশেষ করে সরকারী বা আধা সরকারী প্রতিষ্ঠানে ছোট বড় সব রকম যন্ত্রাংশের জন্যই যন্ত্রের মূল প্রস্তুতকারকের নিকট অর্ডার দিয়ে থাকে; আর তাহারা এসব আইটেমের গলাকাটা দাম নিয়ে থাকে। এই বিষয়ে যথাযথ পদক্ষেপ নিলে মোট যন্ত্রাংশের ৩০-৪০% যন্ত্রাংশ দেশে তৈরী সম্ভব বলে মনে করি। এতে যন্ত্রাংশের মূল্য যেমন কম পড়বে, তেমনি মূল্যবান বৈদেশিক মুদ্রাও বেচে যাবে। সুতরাং এই বিষয়ে ধীরে ধীরে আমাদের উন্নতি হওয়া উচিৎ।

আলোচিত যন্ত্র সংরক্ষণ ব্যবস্থাপনা ও মালামাল ব্যবস্থাপনার আলোকে সংরক্ষণ কাজে এবং যন্ত্রাংশ ক্রয়ের বিষয়ে নূতন ভাবে দৃষ্টি নিবদ্ধ করার অনুরোধ রইল।

শেষ

অষ্টাদশ অধ্যায়

পরিশিষ্টাংশ

(APPENDIX)

পরিশিষ্টাংশ অধ্যায়ে কারিগরি ক্ষেত্রে তথা যন্ত্র সংরক্ষণ কার্য্যে প্রয়োজনীয় তথ্য, ডাটা, মাপ পরিমাপ ও নির্বাচিত বিষয়বস্তুর টেবিলসমূহ সংযোজিত করা হয়েছে। এসব তথ্য ও টেবিল বিভিন্ন প্রকৌশল পুস্তক, হ্যান্ডবুক এবং কেটালগ থেকে সংগ্রহ করে সরাসরি ইংরেজী ভাষায় পরিবেশিত হয়েছে। পাঠকবর্গকে অনুরোধ করব এসব তথ্যাদি ও টেবিল সমূহ সম্পর্কে ধারণা করে রাখার জন্য; যাতে দরকার মত ব্যবহার করতে অসুবিধা না হয়।

টেবিল নং-১ সংখ্যা ও তদনির্ভরক কিছু মান

NUMBERS AND THEIR FEW FUNCTIONAL VALUES

Functions of Numbers

No.	Square	Cube	Square Root	Cubic Root	Logarithm	1000 x Reciprocal	No. = Diameter	
							Circum.	Area
1	1	1	1.0000	1.0000	0.00000	1000.000	3.142	0.7854
2	4	8	1.4142	1.2599	0.30103	500.000	6.283	3.1416
3	9	27	1.7321	1.4422	0.47712	333.333	9.425	7.0686
4	16	64	2.0000	1.5874	0.60206	250.000	12.566	12.5664
5	25	125	2.2361	1.7100	0.69897	200.000	15.708	19.6350
6	36	216	2.4495	1.8171	0.77815	166.667	18.850	28.2743
7	49	343	2.6458	1.9129	0.84510	142.857	21.991	38.4845
8	64	512	2.8284	2.0000	0.90309	125.000	25.133	50.2655
9	81	729	3.0000	2.0801	0.95424	111.111	28.274	63.6173
10	100	1000	3.1623	2.1544	1.00000	100.000	31.416	78.5398
11	121	1331	3.3166	2.2240	1.04139	90.9091	34.558	95.0332
12	144	1728	3.4641	2.2894	1.07918	83.3333	37.699	113.097
13	169	2197	3.6056	2.3513	1.11394	76.9231	40.841	132.732
14	196	2744	3.7417	2.4101	1.14613	71.4286	43.982	153.938
15	225	3375	3.8730	2.4662	1.17609	66.6667	47.124	176.715
16	256	4096	4.0000	2.5198	1.20412	62.5000	50.265	201.062
17	289	4913	4.1231	2.5713	1.23045	58.8235	53.407	226.980
18	324	5832	4.2426	2.6207	1.25527	55.5556	56.549	254.469
19	361	6859	4.3589	2.6684	1.27875	52.6316	59.690	283.529
20	400	8000	4.4721	2.7144	1.30103	50.0000	62.832	314.159
21	441	9261	4.5826	2.7589	1.32222	47.6190	65.973	346.361
22	484	10648	4.6904	2.8020	1.34242	45.4545	69.115	380.133
23	529	12167	4.7958	2.8439	1.36173	43.4783	72.257	415.476
24	576	13824	4.8990	2.8845	1.38021	41.6667	75.398	452.389
25	625	15625	5.0000	2.9240	1.39794	40.0000	78.540	490.874
26	676	17576	5.0990	2.9625	1.41497	38.4615	81.681	530.929
27	729	19683	5.1962	3.0000	1.43136	37.0370	84.823	572.555
28	784	21952	5.2915	3.0366	1.44716	35.7143	87.965	615.752
29	841	24389	5.3852	3.0723	1.46240	34.4828	91.106	660.520
30	900	27000	5.4772	3.1072	1.47712	33.3333	94.248	706.858
31	961	29791	5.5678	3.1414	1.49136	32.2581	97.389	754.768
32	1024	32768	5.6569	3.1748	1.50515	31.2500	100.531	804.248
33	1089	35937	5.7446	3.2075	1.51851	30.3030	103.673	855.299
34	1156	39304	5.8310	3.2396	1.53148	29.4118	106.814	907.920
35	1225	42875	5.9161	3.2711	1.54407	28.5714	109.956	962.113
36	1296	46656	6.0000	3.3019	1.55630	27.7778	113.097	1017.88
37	1369	50653	6.0828	3.3322	1.56820	27.0270	116.239	1075.21
38	1444	54872	6.1644	3.3620	1.57978	26.3158	119.381-	1134.11
39	1521	59319	6.2450	3.3912	1.59106	25.6410	122.522	1194.59
40	1600	64000	6.3246	3.4200	1.60206	25.0000	125.66	1256.64
41	1681	68921	6.4031	3.4482	1.61278	24.3902	128.81	1320.25
42	1764	74088	6.4807	3.4760	1.62325	23.8095	131.95	1385.44
43	1849	79507	6.5574	3.5034	1.63347	23.2558	135.09	1452.20
44	1936	85184	6.6332	3.5303	1.64345	22.7273	138.23	1520.53
45	2025	91125	6.7082	3.5569	1.65321	22.2222	141.37	1590.43
46	2116	97336	6.7823	3.5830	1.66276	21.7391	144.51	1661.90
47	2209	103823	6.8557	3.6088	1.67210	21.2766	147.65	1734.94

No.	Square	Cube	Square Root	Cubic Root	Logarithm	1000 x Reciprocal	No. = Diameter Circum.	Area
48	2304	110592	6.9282	3.6342	1.68124	20.8333	150.80	1809.56
49	2401	117649	7.0000	3.6593	1.69020	20.4082	153.94	1885.74
50	2500	125000	7.0711	3.6840	1.69897	20.0000	157.08	1963.50
51	2601	132651	7.1414	3.7084	1.70757	19.6078	160.22	2042.82
52	2704	140608	7.2111	3.7325	1.71600	19.2308	163.36	2123.72
53	2809	148877	7.2801	3.7563	1.72428	18.8679	166.50	2206.18
54	2916	157464	7.3485	3.7798	1.73239	18.5185	169.65	2290.22
55	3025	166375	7.4162	3.8030	1.74036	18.1818	172.79	2375.83
56	3136	175616	7.4833	3.8259	1.74819	17.8571	175.93	2463.01
57	3249	185193	7.5498	3.8485	1.75587	17.5439	179.07	2551.76
58	3364	195112	7.6158	3.8709	1.76343	17.2414	182.21	2642.08
59	3481	205379	7.6811	3.8930	1.77085	16.9492	185.35	2733.97
60	3600	216000	7.7460	3.9149	1.77815	16.6667	188.50	2827.43
61	3721	226981	7.8102	3.9365	1.78533	16.3934	191.64	2922.47
62	3844	238328	7.8740	3.9579	1.79239	16.1290	194.78	3019.07
63	3969	250047	7.9373	3.9791	1.79934	15.8730	197.92	3117.25
64	4096	262144	8.0000	4.0000	1.80618	15.6250	201.06	3216.99
65	4225	274625	8.0623	4.0207	1.81291	15.3846	204.20	3318.31
66	4356	287496	8.1240	4.0412	1.81954	15.1515	207.35	3421.19
67	4489	300763	8.1854	4.0615	1.82607	14.9254	210.49	3525.65
68	4624	314432	8.2462	4.0817	1.83251	14.7059	213.63	3631.68
69	4761	328509	8.3066	4.1016	1.83885	14.4928	216.77	3739.28
70	4900	343000	8.3666	4.1213	1.84510	14.2857	219.91	3848.45
71	5041	357911	8.4261	4.1408	1.85126	14.0845	223.05	3959.19
72	5184	373248	8.4853	4.1602	1.85733	13.8889	226.19	4071.50
73	5329	389017	8.5440	4.1793	1.86332	13.6986	229.34	4185.39
74	5476	405224	8.6023	4.1983	1.86923	13.5135	232.48	4300.84
75	5625	421875	8.6603	4.2172	1.87506	13.3333	235.62	4417.86
76	5776	438976	8.7178	4.2358	1.88081	13.1579	238.76	4536.46
77	5929	456533	8.7750	4.2543	1.88649	12.9870	241.90	4656.63
78	6084	474552	8.8318	4.2727	1.89209	12.8205	245.04	4778.36
79	6241	493039	8.8882	4.2908	1.89763	12.6582	248.19	4901.67
80	6400	512000	8.9443	4.3089	1.90309	12.5000	251.33	5026.55
81	6561	531441	9.0000	4.3267	1.90849	12.3457	254.47	5153.00
82	6724	551368	9.0554	4.3445	1.91381	12.1951	257.61	5281.02
83	6889	571787	9.1104	4.3621	1.91908	12.0482	260.75	5410.61
84	7056	592704	9.1652	4.3795	1.92428	11.9048	263.89	5541.77
85	7225	614125	9.2195	4.3968	1.92942	11.7647	267.04	5674.50
86	7396	636056	9.2736	4.4140	1.93450	11.6279	270.18	5808.80
87	7569	658503	9.3274	4.4310	1.93952	11.4943	273.32	5944.68
88	7744	681472	9.3808	4.4480	1.94448	11.3636	276.46	6082.12
89	7921	704969	9.4340	4.4647	1.94939	11.2360	279.60	6221.14

টেবিল নং—২

সংখ্যার ভগনাংশ ও তার দশমিক সমমান

Table of Decimal Equivalents

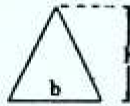
$\frac{1}{64}$	·015625	$\frac{25}{64}$	·390625	$\frac{43}{64}$	·671875
$\frac{1}{32}$	·03125	$\frac{13}{32}$	·40625	$\frac{11}{16}$	·6875
$\frac{3}{64}$	·046875	$\frac{27}{64}$	·421875		
$\frac{1}{16}$	·0625	$\frac{7}{16}$	·4375		
$\frac{5}{64}$	·078125			$\frac{45}{64}$	·703125
$\frac{3}{32}$	·09375			$\frac{23}{32}$	·71875
$\frac{7}{64}$	·109375	$\frac{29}{64}$	·453125	$\frac{47}{64}$	·734375
$\frac{1}{8}$	·1250	$\frac{15}{32}$	·46875	$\frac{3}{4}$	·7500
$\frac{9}{64}$	·140625			$\frac{49}{64}$	·765625
$\frac{5}{32}$	·15625	$\frac{31}{64}$	·484375	$\frac{25}{32}$	·78125
$\frac{11}{64}$	·171875	$\frac{1}{2}$	·5000	$\frac{51}{64}$	·796875
$\frac{3}{16}$	·1875			$\frac{13}{16}$	·8125
$\frac{13}{64}$	·203125	$\frac{33}{64}$	·515625	$\frac{53}{64}$	·828125
$\frac{7}{32}$	·21875	$\frac{17}{32}$	·53125	$\frac{27}{32}$	·84375
$\frac{15}{64}$	·234375	$\frac{35}{64}$	·546875	$\frac{55}{64}$	·859375
$\frac{1}{4}$	·2500	$\frac{9}{16}$	·5625	$\frac{7}{8}$	·8750
$\frac{17}{64}$	·265625	$\frac{37}{64}$	·578125	$\frac{57}{64}$	·890625
$\frac{9}{32}$	·28125	$\frac{19}{32}$	·59375	$\frac{29}{32}$	·90625
$\frac{19}{64}$	·296875	$\frac{39}{64}$	·609375	$\frac{59}{64}$	·921875
$\frac{5}{16}$	·3125	$\frac{5}{8}$	·6250	$\frac{15}{16}$	·9375
$\frac{21}{64}$	·328125			$\frac{61}{64}$	·953125
$\frac{11}{32}$	·34375			$\frac{31}{32}$	·96875
$\frac{23}{64}$	·359375	$\frac{41}{64}$	·640625	$\frac{63}{64}$	·984375
$\frac{3}{8}$	·375	$\frac{21}{32}$	·65625	1	1·0000

টেবিল নং—৩ জ্যামিতিক সূত্র সমূহ

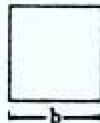
GEOMETRIC FORMULAS

Triangle

area (A) = $\frac{bh}{2}$

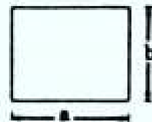


Square



area (A) = b^2

Rectangle



area (A) = ab

Cone

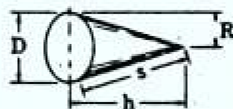
area (A) = πRS

$= \pi R\sqrt{R^2 + h^2}$

volume (V) = $\frac{\pi R^2 h}{3}$

$= 1.047R^2h$

$= 0.2618D^2h$



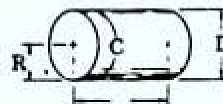
Cylinder

cylindrical surface = πDh

total surface = $2\pi R(R+h)$

volume (V) = $\pi R^2 h$

$= \frac{c^2 h}{4\pi}$



Sphere

area (A) = $4\pi R^2$

$= \pi D^2$

volume (V) = $\frac{4}{3}\pi R^3$

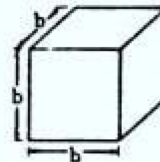
$= 1/6\pi D^3$



Cube

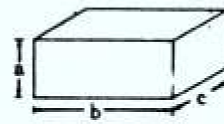
area (A) = $6b^2$

volume (V) = b^3



Rectangular Solid

area (A) =
2 (ab + bc + ac)



volume (V) = abc

Ring of Rectangular Cross Section

volume (V) = $\frac{\pi c}{4}(D^2 - d^2)$

$= \left(\frac{D+d}{2}\right)\pi bc$



টেবিল নং–৪ কোণ সম্পর্কিত মূল নীতি সমূহ

BASIC PRINCIPLES OF ANGLES

Functions of common angles

	0°	30°	45°	60°	90°	180°	270°	360°
sin	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	1	0	−1	0
cos	1	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	−1	0	1
tan	0	$\frac{\sqrt{3}}{3}$	1	$\sqrt{3}$	∞	0	∞	0
ctn	∞	$\sqrt{3}$	1	$\frac{\sqrt{3}}{3}$	0	∞	0	∞
sec	1	$\frac{2\sqrt{3}}{3}$	$\sqrt{2}$	2	∞	−1	∞	1
csc	∞	2	$\sqrt{2}$	$\frac{2\sqrt{3}}{3}$	1	∞	−1	∞

Functions of angles in any quadrant in terms of angles in the first quadrant

	$-\alpha$	$90° \pm \alpha$	$180° \pm \alpha$	$270° \pm \alpha$
sin	$-\sin\alpha$	$+\cos\alpha$	$\mp\sin\alpha$	$-\cos\alpha$
cos	$+\cos\alpha$	$\mp\sin\alpha$	$-\cos\alpha$	$\pm\sin\alpha$
tan	$-\tan\alpha$	$\mp\text{ctn}\,\alpha$	$\pm\tan\alpha$	$\mp\text{ctn}\,\alpha$
ctn	$-\text{ctn}\,\alpha$	$\mp\tan\alpha$	$\pm\text{ctn}\,\alpha$	$\mp\tan\alpha$
sec	$+\sec\alpha$	$\mp\csc\alpha$	$-\sec\alpha$	$\pm\csc\alpha$
csc	$-\csc\alpha$	$+\sec\alpha$	$\mp\csc\alpha$	$-\sec\alpha$

টেবিল নং—৫

বর্গ ও গোলাকৃতির স্টীল বারের ওজন ও ক্ষেত্রফল

SQUARE AND ROUND STEEL BARS

Size Inches	Weight Lb. per Foot		Area Square Inches		Size Inches	Weight Lb. per Foot		Area Square Inches	
	■	●	□	○		■	●	□	○
0					3	30.60	24.03	9.000	7.069
1/16	.013	.010	.0039	.0031	1/16	31.89	25.05	9.379	7.366
1/8	.053	.042	.0156	.0123	1/8	33.20	26.08	9.766	7.670
3/16	.120	.094	.0352	.0276	3/16	34.54	27.13	10.160	7.980
1/4	.213	.167	.0625	.0491	1/4	35.91	28.21	10.563	8.296
5/16	.332	.261	.0977	.0767	5/16	37.31	29.30	10.973	8.618
3/8	.478	.376	.1406	.1105	3/8	38.73	30.42	11.391	8.946
7/16	.651	.511	.1914	.1503	7/16	40.18	31.55	11.816	9.281
1/2	.850	.668	.2500	.1963	1/2	41.65	32.71	12.250	9.621
9/16	1.076	.845	.3164	.2485	9/16	43.15	33.89	12.691	9.968
5/8	1.328	1.043	.3906	.3068	5/8	44.68	35.09	13.141	10.321
11/16	1.607	1.262	.4727	.3712	11/16	46.23	36.31	13.599	10.680
3/4	1.913	1.502	.5625	.4418	3/4	47.81	37.55	14.063	11.045
13/16	2.245	1.763	.6602	.5185	13/16	49.42	38.81	14.535	11.416
7/8	2.603	2.044	.7656	.6013	7/8	51.06	40.10	15.016	11.793
15/16	2.988	2.347	.8789	.6903	15/16	52.71	41.40	15.504	12.177
1	3.400	2.670	1.0000	.7854	4	54.40	42.73	16.000	12.566
1/16	3.838	3.015	1.1289	.8866	1/16	56.11	44.07	16.504	12.962
1/8	4.303	3.380	1.2656	.9940	1/8	57.85	45.44	17.016	13.364
3/16	4.735	3.766	1.4102	1.1075	3/16	59.62	46.83	17.535	13.772
1/4	5.313	4.172	1.5625	1.2272	1/4	61.41	48.23	18.063	14.186
5/16	5.857	4.600	1.7227	1.3530	5/16	63.23	49.66	18.596	14.607
3/8	6.428	5.049	1.8906	1.4849	3/8	65.08	51.11	19.141	15.033
7/16	7.026	5.518	2.0664	1.6230	7/16	66.95	52.58	19.691	15.466
1/2	7.650	6.008	2.2500	1.7671	1/2	68.85	54.07	20.25[illegible]	15.904
9/16	8.301	6.519	2.4414	1.9175	9/16	70.78	55.59	20.81[illegible]	16.349
5/8	8.978	7.051	2.6406	2.0739	5/8	72.73	57.12	21.39[illegible]	16.800
11/16	9.682	7.604	2.8477	2.2365	11/16	74.71	58.67	21.97[illegible]	17.257
3/4	10.413	8.178	3.0625	2.4053	3/4	76.71	60.25	22.56[illegible]	17.721
13/16	11.170	8.773	3.2852	2.5802	13/16	78.74	61.85	23.16[illegible]	18.190
7/8	11.953	9.388	3.5156	2.7612	7/8	80.80	63.46	23.766	18.665
15/16	12.763	10.024	3.7539	2.9483	15/16	82.89	65.10	24.375	19.147
2	13.600	10.681	4.0000	3.1416	5	85.00	66.76	25.000	19.635
1/16	14.463	11.359	4.2539	3.3410	1/16	87.14	68.44	25.62[illegible]	20.129
1/8	15.353	12.058	4.5156	3.5466	1/8	89.30	70.14	26.266	20.629
3/16	16.270	12.778	4.7852	3.7583	3/16	91.49	71.86	26.91[illegible]	21.135
1/4	17.213	13.519	5.0625	3.9761	1/4	93.71	73.60	27.5[illegible]	21.648
5/16	18.182	14.280	5.3477	4.2000	5/16	95.96	75.36	28.2[illegible]	22.166
3/8	19.178	15.062	5.6406	4.4301	3/8	98.23	77.15	28.8[illegible]	22.691
7/16	20.201	15.866	5.9414	4.6664	7/16	100.53	78.95	29.5[illegible]	23.221
1/2	21.250	16.690	6.2500	4.9087	1/2	102.85	80.78	30.25[illegible]	23.758
9/16	22.326	17.534	6.5664	5.1572	9/16	105.20	82.62	30.94[illegible]	24.301
5/8	23.428	18.400	6.8906	5.4119	5/8	107.58	84.49	31.64	24.850
11/16	24.557	19.287	7.2227	5.6727	11/16	109.96	86.38	32.34[illegible]	25.406
3/4	25.713	20.195	7.5625	5.9396	3/4	112.41	88.29	33.06[illegible]	25.967
13/16	26.895	21.123	7.9102	6.2126	13/16	114.87	90.22	33.7[illegible]	26.535
7/8	28.103	22.072	8.2656	6.4918	7/8	117.35	92.17	34.51[illegible]	27.109
15/16	29.338	23.042	8.6289	6.7771	15/16	119.86	94.14	35.24	27.688
3	30.600	24.033	9.0000	7.0686	6	122.40	96.13	36.00[illegible]	28.274

টেবিল নং-৬ ধাতব সিট ও তাদের গেজ মাপ

WIRE AND SHEET METAL GAGES
IN DECIMALS OF AN INCH

Name of Gage	United States Standard Gage*		The United States Steel Wire Gage	American or Brown & Sharpe Wire Gage	New Birmingham Standard Sheet & Hoop Gage	British Imperial or English Legal Standard Wire Gage	Birmingham or Stubs Iron Wire Gage	Name of Gage
Principal Use	Uncoated Steel Sheets and Light Plates		Steel Wire except Music Wire	Non-Ferrous Sheets and Wire	Iron and Steel Sheets and Hoops	Wire	Strips, Bands, Hoops and Wire	Principal Use
Gage No.	Weight Oz. per Sq. Ft.	Approx. Thickness Inches	Thickness, Inches					Gage No.
7/0's			.4900		.6666	.500		7/0's
6/0's			.4615	.5800	.625	.464		6/0's
5/0's			.4305	.5165	.5883	.432	.500	5/0's
4/0's			.3938	.4600	.5416	.400	.454	4/0's
3/0's			.3625	.4096	.500	.372	.425	3/0's
2/0's			.3310	.3648	.4452	.348	.380	2/0's
0			.3065	.3249	.3964	.324	.340	0
1			.2830	.2893	.3532	.300	.300	1
2			.2625	.2576	.3147	.276	.284	2
3	160	.2391	.2437	.2294	.2804	.252	.259	3
4	150	.2242	.2253	.2043	.250	.232	.238	4
5	140	.2092	.2070	.1819	.2225	.212	.220	5
6	130	.1943	.1920	.1620	.1981	.192	.203	6
7	120	.1793	.1770	.1443	.1764	.176	.180	7
8	110	.1644	.1620	.1285	.1570	.160	.165	8
9	100	.1495	.1483	.1144	.1398	.144	.148	9
10	90	.1345	.1350	.1019	.1250	.128	.134	10
11	80	.1196	.1205	.0907	.1113	.116	.120	11
12	70	.1046	.1055	.0808	.0991	.104	.109	12
13	60	.0897	.0915	.0720	.0882	.092	.095	13
14	50	.0747	.0800	.0641	.0785	.080	.083	14
15	45	.0673	.0720	.0571	.0699	.072	.072	15
16	40	.0598	.0625	.0508	.0625	.064	.065	16
17	36	.0538	.0540	.0453	.0556	.056	.058	17
18	32	.0478	.0475	.0403	.0495	.048	.049	18
19	28	.0418	.0410	.0359	.0440	.040	.042	19
20	24	.0359	.0348	.0320	.0392	.036	.035	20
21	22	.0329	.0318	.0285	.0349	.032	.032	21
22	20	.0299	.0286	.0253	.0313	.028	.028	22
23	18	.0269	.0258	.0226	.0278	.024	.025	23
24	16	.0239	.0230	.0201	.0248	.022	.022	24
25	14	.0209	.0204	.0179	.0220	.020	.020	25
26	12	.0179	.0181	.0159	.0196	.018	.018	26
27	11	.0164	.0173	.0142	.0175	.0164	.016	27
28	10	.0149	.0162	.0126	.0156	.0148	.014	28
29	9	.0135	.0150	.0113	.0139	.0136	.013	29
30	8	.0120	.0140	.0100	.0123	.0124	.012	30
31	7	.0105	.0132	.0089	.0110	.0116	.010	31
32	6.5	.0097	.0128	.0080	.0098	.0108	.009	32
33	6	.0090	.0118	.0071	.0087	.0100	.008	33
34	5.5	.0082	.0104	.0063	.0077	.0092	.007	34
35	5	.0075	.0095	.0056	.0069	.0084	.005	35
36	4.5	.0067	.0090	.0050	.0061	.0076	.004	*36
37	4.25	.0064	.0085	.0045	.0054	.0068		37
38	4	.0060	.0080	.0040	.0048	.0060		38
39			.0075	.0035	.0043	.0052		39
40			.0070	.0031	.0039	.0048		40

যন্ত্র সংরক্ষণে ব্যবহৃত কয়েকটি সাধারণ লৌহ জাতীয়
Common ferrous metal, their

টেবিল নং—৭

Standard Designation			Normal analysis in other common metal		
German	American	British	Carbon	manga-nese	Silicon
DIN mark-C22 DIN No.-17200	ASTM-A519 Mat.No.1.0402	BS MARK-EN3 BS No.040A20	0.2	0.7	0.25
DIN mark-C45 DIN No.-17200	ASTM-A519 Mat No. 1045	BS MARK-EN8 BS No. 080M45	0.45	0.7	0.25
40 Cr 4 1.7035	ASTM-A519 SAE No.S140	BSM-EN18	0.4	0.7	0.3
16 Mn Cr 5 17210	SAE.-5120 Mat-1.7131	BSM-EN20	0.16	0.6	0.3
C70	SAE-4047	BSM-EN42B	0.7	0.7	0.25
10 Cr4	SAE-52100	BSM-EN31-BB2	1.0	0.4	0.25
13 CrMo44 161705	ASTM-A213	BSM-620 BSNo.-6304	0.13	—	—
17Mo5	ASTM-A209	BSM-1603	0.16	—	—
X 6Cr Ni1811 17175E	SAE-TP3044 Mat No. 1.4948	BSM-304559 BS No 3605	0.6	—	—
X5CrNiMo1812	SAE-TP316	BSM-EN585 BS No.-970	.05	—	—
	ASTM-A38				
	ASTM-A126				
Mark-S'35.8 No-17175	ASTM-A106 Mat No.1.0305	BSM-HFS23 BS No-3602			
St45.8 17175	ASTM-A106 Mat-1.0405	BSM-HFS27 BS No-3602			

ধাতু, তাদের উপাদানের হার ও প্রয়োগ ক্ষেত্র composition & application.

% composition of with ferrous metal		Minimum tensile strength	Application
Chromium	Molybdenum	Kg/ mm^2	
—	—	40	General purpose, sheet works, construction works, couplings, Friction disc, pully etc.
—	—	60	Shaft, Axcles,Gear, Crank etc. On light and medium load work.
1	—	80	Shaft, Spindles, Gears etc. On heavy duty non-impact load.
0.75	—	70	Shaft, Spindles, Gear etc. on heavy duty impact load.
—	—	80	General purpose spring steel.
1.4	—	—	Antifriction bearing steel.
1.0	0.4	—	Medium temperature and medium pressure tubes & vessel.
—	1.25	— vessel etc.	Low temperature and pressure tubes,
18	Ni-11	—	Alloy steel for pipes boiler tubes, etc.
18	Ni-12 Mo-.2	—	Stainless steel grade use, high pressure and temperature tubes, plates etc.
			Mild steel for sheet works and general purpose.
			Gray cast iron for casting valves, flanges pipe fittings etc.
			Carbon steel for general purpose pipe, tubes, plate, etc.
			Carbon steel for piping of headers, Low press vessels etc.

টেবিল নং—৮ যন্ত্র সংরক্ষণে ব্যবহৃত কয়েকটি সাধারণ অলৌহ জাতীয়

Common non -ferrous alloy metal,

Classification	Copper %	Zinc %	Tin %	Lead %	Anti-mony %	Nickel %
Tin base babbit	5.5 – 6.5	—	81–84	—	10–12	—
Lead base babbit	1.5 – 2.0	—	15–17	68–72	—	—
Bronze (general purpose)	80 – 87	4 – 6	4 – 6	4 – 6	—	—
Brass	60 – 64	38–40	—	—	—	—
Aloy of Cu-Zn-Al	4.0 – 5.5	82 – 86	—	—	—	—
Aloy of Cu-Ni	70 – 71	—	—	—	—	29 – 30

সংকর ধাতু, তাদের উপাদানের হার ও প্রয়োগ ক্ষেত্র

their composition & application.

Aluminium %	Impurities %	Min. tensile Str.Kg/mm^2	Application
—	0.55	—	For Bush bearing, Journal bearing of Large Compressors, Turbine bearings etc.
—	0.60	—	Large Bush bearing, Journal bearing of medium & Heavy mach.
—	1.3	6	General purpose bush bearing, Tubes, Worm wheel etc.
—	0.5	20	Screws, Bushes, Nuts, Tubs, Wire netting for Lubricating system, Sheet of packing etc.
10 – 12	0.35	—	Bushes, Machine guide plates, packing sheet etc.
—	0.2	—	Condenser tubes, Heat Exchanger, Parts for Ships etc.

টেবিল নং—৯ মাপ পরিমাপের তালিকা সমুহ

TABLES OF MEASURES

MEASURES AND WEIGHTS COMMONLY USED IN THE UNITED STATES AND GREAT BRITAIN

Abbreviations

bbl.	= barrel	dwt.	= pennyweight	hr.	= hour	quin.	= quintal
bu.	= bushel	fath.	= fathom	Imp.	= Imperial (bu., gal.)	qr.	= quarter
chn.	= chain	ft.	= foot	in.	= inch	qt.	= quart
circm.	= circumference	fl. drm.	= fluid drachm	lea	= league	scr.	= scruple
cir. in.	= circular inch	fl. oz.	= fluid ounce	m. pace	= military pace	sec.	= second
cir. mil.	= circular mil	furl.	= furlong	min.	= minute	sq.	= square (in., ft., etc.)
cwt.	= hundred weight	gal.	= gallon (U.S.)	naut. mi.	= nautical mile	stat. mi.	= statute mile
deg.	= degree	grn.	= grain	pnch	= puncheon	trce.	= tierce
drm.	= drachm (dram)	hghd.	= hogshead	quad.	= quadrant	yd.	= yard

Measures of Length

Long Measure

12 in. = 1 ft.
3 ft. = 1 yd.
5 1/2 yd. = 16 1/2 ft. = 1 rod, pole or perch
40 poles = 220 yd. = 1 furl.
8 furl. = 1760 yd. = 5280 ft. = 1 mile
4 in. = 1 hand
9 in. = 1 span
2 1/2 ft. = 1 m. pace.

Land, Surveyors, or Gunter's Measure

7.92 in. = 1 link
100 links = 66 ft. = 4 rods = 1 chn.
10 chn. = 220 yd. = 1 furl.
8 furl. = 80 chn. = 1 mile.

Nautical Measure

6080.26 ft. = 1.15156 stat. mi. = 1 naut. mi.
3 naut. mi. = 1 lea.
60 naut. mi. = 1 deg. (at equator)
6 ft. = 1 fath.
120 fath. = 1 cable
1 naut. mi. per hr. = 1 knot.

Measures of Area

Square Measure

144 sq. in. = 183.35 cir. in. = 1 sq. ft.
9 sq. ft. = 1 sq. yd.
30 1/4 sq. yd. = 272 1/4 sq. ft. = 1 sq. rod
160 sq. rods = 10 chn. } = 1 acre
4840 sq. yd. = 43560 sq. ft. } = 1 acre
640 acres = 27,878,400 sq. ft. = 1 sq. mile
1 acre = $(208.71 \text{ ft.})^2$
1 cir. in. = { area of circle 1 in. diam. = 0.7854 sq. in.
1 cir. mil = { area of circle 0.001 in. diam. = 0.0_67854 sq. in.
1,000,000 cir. mil = 1 cir. in.

Measures of Weight

(The grain is the same in all systems.)

Avoirdupois Weight

16 drm. = 437.5 grn. = 1 oz.
16 oz. = 7000 grn. = 1 lb.
14 lb. = 1 stone
28 lb. = 2 stone = 1 qr.
100 lb. = 1 quin.
4 qr. = 112 lb. = 1 cwt.
20 cwt. = 2240 lb. = 1 long ton
2000 lb. = 1 short ton.

Troy Weight (for gold and silver)

24 grn. = 1 dwt.
20 dwt. = 480 grn. = 1 oz.
12 oz. = 5760 grn. = 1 lb.
1 Assay ton = 29,167 milligrams = { Troy oz. per 2000 lb. ton avoirdupois

Carat Weight (for precious stones)

1 carat = 3.086 grn. = 0.200 gram

Apothecaries' Weight

20 grn. = 1 scr. ℈
3 scr. = 60 grn. = 1 drm. ʒ
8 drm. = 480 grn. = 1 oz. ℥
12 oz. = 5760 grn. = 1 lb.

Table 22. Measures of Volume

Cubic Measure

1728 cu. in. = 1 cu. ft.
27 cu. ft. = 1 cu. yd.
1 cord of wood = { 4 × 4 × 8 ft. = 128 cu. ft.
1 perch masonry = { 16 1/2 × 1 1/2 × 1 ft. = 23 3/4 cu. ft.

Liquid Measure

4 gills = 1 pint
2 pints = 1 qt.
4 qt. = 231 cu. in. = 8.3356 lb. H_2O = 1 U. S. gal. = 0.8327 Imp. gal.
1 Imp. gal. = 277.420 cu. in. = 10 lb. H_2O
1.20094 U. S. gal. = 1 Imp. gal.
7.4805 U. S. gal. = 1 cu. ft.

Old Liquid Measure

31 1/2 gal. = 1 bbl.
42 gal. = 1 trce.
2 bbl. = 63 gal. = 1 hghd.
84 gal. = 2 trce. = 1 pchn.
2 hghd. = 126 gal. = 1 pipe or butt
2 pipes = 3 pchn. = 1 tun.

Apothecaries' Fluid Measure

60 minims = 1 fl. drm.
8 drm. = 1 fl. oz.
1 fl. oz. = 1/128 U. S. gal. = 1.8047 cu. in. = 456.3 grn. H_2O at 39° F.
16 fl. oz. = 1 pint
1 fl. oz. (British) = 1.732 cu. in. = 437.5 grn. H_2O at 62° F.

Dry Measure

2 pints = 1 qt.
8 qts. = 1 peck
4 pecks = 2150.42 cu. in. = 1 bu. (struck)
1 1/4 bu. (struck) = 1 bu. (heaped)
105 qts. (struck) = 7056 cu. in. = 1 bbl.
8 Imp. gal. = 2218.192 cu. in. = 1 Imp. bu.
8 Imp. bu. = 1 qr.

Shipping Measure

100 cu. ft. = 1 Register ton *
40 cu. ft. = 31.143 U. S. bu. = 1 shipping ton (U. S.) †
42 cu. ft. = 32.719 Imp. bu. = 1 shipping ton (British) †

* For measurement of entire internal capacity. † For measurement of cargo.

MATHEMATICAL TABLES

Circular Measure

60 sec. = 1 min.
60 min. = 1 deg.
90 deg. = 1 quad.
360 deg. = circm.
57.2957795 deg. = 1 radian
= 57° 17′ 44.806″
1 radian = angle of arc equal to radius.

$\Pi = 3.14159$
e = 2.718281

Time

60 sec. = 1 min. 7 days = 1 week
60 min. = 1 hr. 52 weeks = 1 year
24 hr. = 1 day
1 year (exact) = 365 days, 5 hr., 48 min., 45.6 sec.

A year divisible by 4 is a leap year and contains 366 days, except centesimal years, of which only those divisible by 400 are leap years.

365.24734 mean solar days = 1 yr.
= 366.008515 sidereal days
24 hr. mean solar time
= 23 hr. 56 min., 49.9 sec. sidereal time
1 mean solar day
= 1 mean sidereal day + 3 min., 10.1 sec.

THE METRIC SYSTEM

The fundamental standard of length in the metric system is the International Standard Meter, derived from the Metre des Archives, Paris. Its length is defined as the distance between two lines at 0° C. on a platinum-iridium bar deposited at the International Bureau of Weights and Measures near Paris. 1 meter = 39.37 in.

The fundamental standard of mass is the International Standard Kilogram, which is a mass of platinum-iridium, deposited at the international Bureau, whose weight *in vacuo* is the same as that of the Kilogram des Archives.

The fundamental unit of volume is the liter, which is defined as the volume of a kilogram of water at the temperature of maximum density, 4° C., under a pressure of 76 cm. of mercury. The liter originally was defined as a cubic decimeter, but is slightly greater. The generally accepted relation between the cubic decimeter and the liter is 1 liter = 1.000027 cu. decimeters.

The unit of force is the **dyne**, which is the force which acting for 1 second on a mass of one gram will produce a velocity of 1 centimeter per second. 1 dyne = (1/980.665) gram. 1,000,000 dynes = 1.020 kilograms force = 2.248 lb. force. 1 lb. force = 0.4536 kilogram force = 444,800 dynes.

The unit of heat is the **gram-calorie**, which is the quantity of heat required to raise 1 gram of water 1° C.

Units of Metric Measures *

Length			Area		
Unit	Symbol	Value in Meters	Unit	Symbol	Value in Sq. Meters
Micron	μ	0.000 001			
Millimeter	mm.	0.001	Sq. millimeter	sq. mm.	0.000 001
Centimeter	cm.	0.01	Sq. centimeter	sq. cm.	0.000 1
Decimeter	dm.	0.1	Sq. decimeter	sq. dm.	0.01
Meter (unit)	m.	1.0	Sq. meter (centiare)	sq. m.	1.0
Dekameter	dkm.	10.0	Sq. dekameter (are)	sq. dkm.	100.0
Hectometer	hm.	100.0	Hectare	ha.	10,000.0
Kilometer	km.	1,000.0	Sq. kilometer	sq. km.	1,000,000.0
Myriameter	Mm.	10,000.0			
Megameter	....	1,000,000.0			

Cubic Measure			Volume		
Unit	Symbol	Value in Cubic Meters	Unit	Symbol	Value in Liters
Cubic kilometer	cu. km.	1,000,000,000	Milliliter	ml.	0.001
Cubic hectometer	cu. hm.	1,000,000	Centiliter	cl.	0.01
Cubic dekameter	cu. dkm.	1,000	Deciliter	dl.	0.1
Cubic meter	cu. m.	1	Liter (unit)	l.	1.0
Cubic decimeter	cu. dm.	0.001	Dekaliter	dkl.	10.0
Cubic centimeter	cu. cm.	0.000 001	Hectoliter	hl.	100.0
Cubic millimeter	cu. mm.	0.000 000 001	Kiloliter	kl.	1,000.0
Cubic micron	μ^3	$0.0_{17}1$			

Weight					
Unit	Symbol	Value in Grams	Unit	Symbol	Value in Grams.
Microgram	γ	0.000 001	Gram (unit)	g.	1.0
Milligram	mg.	0.001	Dekagram	dkg.	10.0
Centigram	cg.	0.01	Hectogram	hg.	100.0
Decigram	dg.	0.1	Kilogram	kg.	1,000.0
Gram (unit)	g.	1.0	Myriagram	Mg.	10,000.0
			Quintal	q.	100,000.0
			Ton	t.	1,000,000.0

* A subscript after a figure indicates the number of times it is repeated. Thus $0.0_38 = 0.0008$

Metric Equivalents of Capacity or Volume *

English to Metric			Log.	Metric to English			Log.
1 cu. in. =	16,387.17	cu. mm.	4.214504	1 cu. mm. =	$0.0_{4}6102$	cu. in.	$\bar{5}.785496$
=	16.3872	cu. cm.	1.214504	=	$0.0_{3}2705$	fluid dr.	$\bar{4}.432185$
=	0.016387	l.	$\bar{2}.214504$	=	$0.0_{4}3381$	fluid oz.	$\bar{5}.529094$
=	$0.0_{3}16387$	hl.	$\bar{4}.214504$	1 cu. cm. =	0.06102	cu. in.	$\bar{2}.785496$
=	$0.0_{4}16387$	cu. m.	$\bar{5}.214504$	=	$0.0_{4}3531$	cu. ft.	$\bar{5}.547951$
1 cu. ft. =	28,317.08	cu. cm.	4.452049	=	$0.0_{5}1308$	cu. yd.	$\bar{6}.116589$
=	28.3169	l.	1.452049	=	$0.0_{4}2838$	bushel	$\bar{5}.452972$
=	0.2832	hl.	$\bar{1}.452049$	=	0.2705	fluid dr.	$\bar{1}.432185$
=	0.02832	cu.m.	$\bar{2}.452049$	=	0.03381	fluid oz.	$\bar{2}.529094$
1 cu. yd. =	764,559.5	cu. cm.	5.883411	=	0.001057	quart	$\bar{3}.023944$
=	764.5595	l.	2.883411	=	$0.0_{3}2642$	gallon	$\bar{4}.421884$
=	7.6456	hl.	0.883411	1 liter =	61.02398	cu. in.	1.785496
=	0.7646	cu. m.	$\bar{1}.883411$	=	0.035313	cu. ft.	$\bar{2}.547951$
1 bushel =	35,239.3	cu. cm.	4.547027	=	0.0013079	cu. yd.	$\bar{3}.116589$
=	35.2393	l.	1.547027	=	0.028377	bushel	$\bar{2}.452972$
=	0.3524	hl.	$\bar{1}.547027$	=	1.0567	quart	0.023944
=	0.03524	cu. m.	$\bar{2}.547027$	=	0.2642	gallon	$\bar{1}.421884$
1 fluid drachm =	3,696.7	cu. mm.	3.567815	1 hectoliter =	6,102.398	cu. in.	3.785496
=	3.6967	cu. cm.	0.567815	=	3.5313	cu. ft.	0.547951
1 fluid oz. =	29,573.7	cu. mm.	4.470906	=	0.13079	cu. yd.	$\bar{1}.116589$
=	29.5737	cu. cm.	1.470906	=	2.8377	bushels	0.452972
1 quart =	946.359	cu. cm.	2.976056	1 cu. meter =	61,023.38	cu. in.	4.785496
=	0.9464	l.	$\bar{1}.976056$	=	35.3133	cu. ft.	1.547951
=	$0.0_{3}946$	cu. m.	$\bar{4}.976056$	=	1.3079	cu. yd.	0.116589
1 U. S. gallon =	3,785.43	cu. cm.	3.578116	=	28.3773	bushels	1.452972
=	3.7854	l.	0.578116	=	1,056.683	quarts	3.023944
=	0.003785	cu. m.	$\bar{3}.578116$	=	264.170	gallons	2.421884

Metric Equivalents of Density *

English to Metric	Log.	Metric to English	Log.
1 lb. per cu. in. = 27.680 gm. per cu. cm.	1.442162	1 gm. per cu. cm. = 0.03613 lb. per cu. in.	$\bar{2}.557838$
= 27,679.7 kg. per cu. m.	4.442162	= 62.430 lb. per cu. ft.	1.795381
1 lb. per cu. ft. = 0.01602 gm. per cu. cm.	$\bar{2}.204619$	= 8.3454 lb. per U. S. gal.	0.921450
= 16.0183 kg. per cu. m.	1.204619	1 kg. per cu. m. = $0.0_{4}3613$ lb. per cu. in.	$\bar{5}.557838$
= 0.01602 metric ton per cu. m.	$\bar{2}.204619$	= 0.062430 lb. per cu. ft.	$\bar{2}.795381$
1 lb. per cu. yd. = 0.5933 kg. per cu. m.	$\bar{1}.773254$	= 1.6856 lb. per cu. yd.	0.226746
= $0.0_{3}5933$ metric tons per cu. m.	$\bar{4}.773254$	= $0.0_{2}8345$ lb. per U. S. gal.	$\bar{3}.921450$
1 lb. per U. S. gal. = 0.1198 gm. per cu. cm.	$\bar{1}.078550$	1 metric ton per cu. m = 62.4286 lb. per cu. ft.	1.795381
= 119.826 kg. per cu. m.	2.078550	= 1685.457 lb. per cu. yd.	3.226746
1 short ton per cu. yd. = 1.1865 metric tons per cu. m.	0.074285	= 0.8428 short ton per cu. yd.	$\bar{1}.925715$
1 long ton per cu. yd. = 1.3289 metric tons per cu. m.	0.123502	= 0.7525 long ton per cu. yd.	$\bar{1}.876498$

Metric Equivalents of Velocity *

English to Metric	Log.	Metric to English	Log.
1 in. per sec., = 2.54001 cm. per sec.	0.404834	1 cm. per sec. = 0.3937 in. per sec.	$\bar{1}.595165$
= 0.0254 m. per sec.	$\bar{2}.404834$	= 0.03281 ft. per sec.	$\bar{2}.515984$
= 1.5240 m. per min.	0.182985	= 1.9685 ft. per min.	0.294136
1 ft. per sec. = 30.4801 cm. per sec.	1.484015	= 0.02237 mi. per hr.	$\bar{2}.349653$
= 0.3048 m. per sec.	$\bar{1}.484015$	= 0.01943 knot	$\bar{2}.288367$
= 18.2880 m. per min.	1.262166	1 m. per sec. = 39.37 in. per sec.	1.595165
= 1.0973 km. per hr.	0.040318	= 3.2808 ft. per sec.	0.515984
1 ft. per min. = 0.5080 cm. per sec.	$\bar{1}.705864$	= 196.8500 ft. per min.	2.294136
= 0.00508 m. per sec.	$\bar{3}.705864$	= 2.2369 mi. per hr.	0.349653
= 0.3048 m. per min.	$\bar{1}.484015$	= 1.9426 knots	0.288367
= 0.018288 km. per hr.	$\bar{2}.262166$	1 m. per min. = 0.6562 in. per sec.	$\bar{1}.817014$

Metric Equivalents of Length *

English to Metric			Log	Metric to English			Log.
1 inch =	25.4	mm.	1.404834	1 mm. =	0.03937	in.	$\bar{2}$.595165
=	2.54	cm.	0.404834	=	0.003281	ft.	$\bar{3}$.515984
=	0.0254	m.	$\bar{2}$.404834	=	0.001094	yd.	$\bar{3}$.038863
1 foot =	304.800	mm.	2.484015	1 cm. =	0.3937	in.	$\bar{1}$.595165
=	30.480	cm.	1.484015	=	0.03281	ft.	$\bar{2}$.515984
=	0.3048	m.	$\bar{1}$.484015	=	0.01094	yd.	$\bar{2}$.038863
1 yard =	91.4402	cm.	1.961137	1 meter =	39.37	in.	1.595162
=	0.9144	m.	$\bar{1}$.961137	=	3.2808	ft.	0.515984
=	0.0_3914	km.	$\bar{4}$.961137	=	1.0936	yd.	0.038863
1 rod =	502.9211	cm.	2.701500	=	0.1988	rd.	$\bar{1}$.298500
=	5.0292	m.	0.701500	=	0.04971	chain	$\bar{2}$.696440
=	0.005029	km.	$\bar{3}$.701500	=	0.0_36214	mi.	$\bar{4}$.793350
1 chain =	2011.68	cm.	3.303559	1 kilometer =	3280.833	ft.	3.515984
=	20.1168	m.	1.303559	=	1093.611	yd.	3.038863
=	0.02012	km.	$\bar{2}$.303559	=	198.838	rods	2.298500
1 mile =	1609.344	m.	3.206650	=	49.7095	chains	1.696440
=	1.6093	km.	0.206650	=	0.6214	mi	$\bar{1}$.793350

Metric Equivalents of Area *

English to Metric			Log.	Metric to English			Log.
1 cir. mil =	0.0_35067	sq. mm.	$\bar{4}$.704751	1 sq. mm. =	1,973.55	cir. mils	3.295249
1 sq. in. =	645.163	sq. mm.	2.809669	=	0.001550	sq. in.	$\bar{3}$.190331
=	6.4516	sq. cm.	0.809669	=	0.0_410764	sq. ft.	$\bar{5}$.031968
=	0.0_36432	sq. m.	$\bar{4}$.809669	=	0.0_51196	sq. yd.	$\bar{6}$.077726
1 sq. ft. =	92,903.41	sq. mm.	4.968032	1 sq. cm. =	0.1550	sq. in.	$\bar{1}$.190331
=	929.0341	sq. cm.	2.968032	=	0.001076	sq. ft.	$\bar{3}$.031968
=	0.0929	sq. m.	$\bar{2}$.968032	=	0.0_31196	sq. yd.	$\bar{4}$.077726
=	0.0_5929	hectare	$\bar{6}$.968032	1 sq. m. =	1,549.9969	sq. in.	3.190331
=	0.0_7929	sq. km.	$\bar{8}$.968032	=	10.7639	sq. ft.	1.031968
1 sq. yd. =	836,130.74	sq. mm.	5.922274	=	1.1960	sq. yd.	0.077726
=	8,361.307	sq. cm.	3.922274	=	0.002471	sq. chain	$\bar{3}$.392882
=	0.83613	sq. m.	$\bar{1}$.922274	=	0.0_32471	acre	$\bar{4}$.392882
=	0.0_4836	hectare	$\bar{5}$.922274	=	0.0_63861	sq. mi.	$\bar{7}$.586700
=	0.0_6836	sq. km.	$\bar{7}$.922274	1 hectare =	107,638.7	sq. ft.	5.031968
1 sq. chain =	404.686	sq. m.	2.607118	=	11,959.85	sq. yd.	4.077726
=	0.04047	hectare	$\bar{2}$.607118	=	24.710	sq. chain	1.392882
=	0.0_34047	sq. km.	$\bar{4}$.607118	=	2.4710	acres	0.392882
1 acre =	4,046.86	sq. m.	3.607118	=	0.003861	sq. mi.	$\bar{3}$.586700
=	0.4047	hectare	$\bar{1}$.607118	1 sq. km. =	10,763,867.36	sq. ft.	7.031968
=	0.004047	sq. km.	$\bar{3}$.607118	=	1,195,985.26	sq. yd.	6.077726
1 sq. mile =	2,589,998	sq. m.	6.413300	=	2,471.050	sq. chains	3.392882
=	259.0	hectare	2.413300	=	247.1045	acres	2.392882
=	2.590	sq. km.	0.413300	=	0.3861	sq. mi.	$\bar{1}$.586700

Metric Equivalents of Weight or Mass *

English to Metric			Log.	Metric to English			Log.
1 grain =	64.797	mg.	1.811568	1 milligram =	0.01543	grain	$\bar{2}$.188433
=	0.0648	gm.	$\bar{2}$.811568	=	0.0_43215	oz. Troy	$\bar{5}$.507191
1 oz. Troy or				=	0.0_43527	oz. avoir.	$\bar{5}$.547454
apothecary =	31,103.5	mg.	4.492809	1 gram =	15.4324	grains	1.188433
=	31.103	gm.	1.492809	=	0.03215	oz. Troy	$\bar{2}$.507191
=	0.03110	kg.	$\bar{2}$.492809	=	0.03527	oz. avoir.	$\bar{2}$.547454
1 oz. avoirdupois =	28,349.5	mg.	4.452546	=	0.0_22679	lb. Troy	$\bar{3}$.428010
=	28.3495	gm.	1.452546	=	0.0_22205	lb. avoir.	$\bar{3}$.343334
=	0.02835	kg.	$\bar{2}$.452546	1 kilogram =	32.1508	oz. Troy	1.507191
1 pound Troy or				=	35.2740	oz. avoir.	1.547454
apothecary =	373.2417	gm.	2.571990	=	2.6792	lb. Troy	0.428010
=	0.3732	kg.	$\bar{1}$.571990	=	2.2046	lb. avoir.	0.343334
1 pound avoirdupois =	453.5925	gm.	2.656666	=	0.0_51102	short ton	$\bar{6}$.043304
=	0.4536	kg.	$\bar{1}$.656666	=	0.0_69842	long ton	$\bar{7}$.993056
=	0.0_34536	metric ton	$\bar{4}$.656666	1 metric ton =	2204.62	lb. avoir.	3.343334
1 short ton =	907.2	kg.	2.957696	=	1.1023	short tons	0.043304
=	0.9072	metric ton	$\bar{1}$.957696	=	0.9842	long ton	$\bar{1}$.993086
1 long ton =	1,016.06	kg.	3.006914				
=	1.0161	metric ton	0.006914				

* A subscript after a figure indicates the number of times it is repeated. Thus 0.0_38 = 0.0008

Metric Equivalents of Force *

English to Metric	Log.	Metric to English	Log.
1 lb. = 444,800 dynes	5.648165	1 dyne = $0.0_5 2248$ lb.	$\bar{6}.351796$
= 453.6 grams	2.656673	= $0.0_4 7233$ poundal	$\bar{5}.859318$
= 0.04448 joule per cm.	$\bar{2}.648165$	= $0.0_3 1020$ gram	$\bar{3}.008600$
= 0.4536 kg.	$\bar{1}.656673$	= $0.0_5 1020$ kg.	$\bar{6}.008600$
= 32.17 poundals	1.507451	= $0.0_6 1$ joule per cm.	$\bar{7}.000000$
1 poundal = 13,826 dynes	4.140696	1 gram = $0.0_2 2205$ lb.	$\bar{3}.343409$
= 14.10 grams	1.149219	= 0.07093 poundal	$\bar{2}.850830$
= $0.0_2 13826$ joule per cm.	$\bar{3}.140696$	= 980.7 dynes	2.991536
= 0.01410 kg.	$\bar{2}.149219$	= 0.001 kg.	$\bar{3}.000000$
= 0.03108 lb.	$\bar{2}.492481$	= $0.0_4 9807$ joule per cm.	$\bar{5}.991536$
		1 joule per cm. } = 22.48 lb.	1.351796
		= 723.3 poundals	2.859318

Metric Equivalents of Power, Work, and Energy *

English to Metric	Log	Metric to English	Log
1 ft-lb = 0.138255 kg-m	$\bar{1}.140680$	1 kg-m = 7.2330 ft-lb	0.859318
= $0.0_6 37650$ kwhr	$\bar{7}.575765$	= $0.0_5 365304$ hp-hr	$\bar{6}.562655$
= 0.32379 IT cal	$\bar{1}.510263$	= $0.0_2 92938$ Btu	$\bar{3}.968193$
1 hp = 76.042 kg-m per sec	1.881053	1 kwhr = 2.656000 ft-lb	6.424228
= 0.76042 poncelet	$\bar{1}.881053$	= 1.3414 hp-hr	0.127558
= 1.01389 cheval vapeur	0.005994	= 3412.75 Btu	3.533103
1 hp-hr = 273,750 kg-m	5.437355	1 cheval vapeur = 0.9863 hp	$\bar{1}.994009$
= 0.74548 kwhr	$\bar{1}.872435$	1 poncelet = 1.3151 hp	0.118959
= 641,100 IT cal	5.806926	1 IT cal † = 3.0884 ft-lb	0.489738
1 Poncelet = 100 kg-m per sec	2.000000	= $0.0_5 155980$ hp-hr	$\bar{6}.193070$
1 cheval-vapeur = 75 kg-m per sec	1.875061	= $0.0_2 39683$ Btu	$\bar{3}.598605$
1 Btu = 251.996 IT cal	2.401400	= 1.00037 mean calories	0.000160
= 107.599 kg-m	2.031808		
= $0.0_3 29302$ kwhr	$\bar{4}.466898$		

Metric Equivalents of Pressure *

English to Metric	Log.	Metric to English	Log.
1 lb. per sq. in. = 0.7031 gm. per sq. mm.	$\bar{1}.846996$	1 gm. per sq. mm. = 1.4223 lb. per sq. in.	0.153004
= 70.3066 gm. per sq. cm.	2.846996	= 204.8170 lb. per sq. ft.	2.311366
= 0.07031 kgs per sq. cm.	$\bar{2}.846996$	1 gm. per sq. cm. = 0.01422 lb. per sq. in.	$\bar{2}.153004$
= 0.7031 metric ton per sq. m.	$\bar{1}.846996$	= 2.0482 lb. per sq. ft.	0.311366
= 0.07031 metric atmosphere †	$\bar{2}.846996$	1 kg. per sq. cm. = 14.2234 lb. per sq. in.	1.153004
1 lb. per sq. ft. = 0.004882 gm. per sq. mm.	$\bar{3}.688598$	= 2048.1696 lb. per sq. ft.	3.311366
= 0.4882 gm. per sq. cm.	$\bar{1}.688598$	1 metric ton per sq. m. = 1.4223 lb. per sq. in.	0.153004
= $0.0_3 4882$ kg. per sq. cm.	$\bar{4}.688598$	= 204.8170 lb. per sq. ft.	2.311366
= 0.004882 metric ton per sq. m.	$\bar{3}.688598$	= 0.1024 ton per sq. ft. §	$\bar{1}.010342$
= $0.0_3 4882$ metric atmosphere †	$\bar{4}.688598$	1 metric atmosphere † = 14.2234 lb. per sq. in.	1.153004
1 ton per sq. ft. † = 9.7648 metric tons per sq. m.	0.989663	= 2048.1696 lb. per sq. ft.	3.311366
= 0.9765 metric atmosphere †	$\bar{1}.989663$	= 1.0241 tons per sq. ft.	0.010342
1 atmosphere ‡ = 1.0335 metric atmospheres †	0.014310	= 0.9676 atmosphere ‡	$\bar{1}.985696$

† 1 metric atmosphere = 1 kg. per sq. cm. ‡ 1 atmosphere = 14.7 lb. per sq. in. § 1 ton = 2000 lb.

Conversion of Pressure Units *

Multiply Number of → by → to Obtain ↓	psi	psf	Kg/sq cm	atm	in. H_2O, 4 C	ft H_2O, 4 C	in. Hg, 0 C	mm Hg, 0 C
psi		0.006944	14.22	14.70	0.03613	0.4336	0.4912	0.01934
psf	144.0		2048.	2117.	5.204	62.45	70.73	2.785
Kg/sq cm	0.07031	4.882×10^{-4}		1.033	0.002540	0.03048	0.03453	0.001360
atm	0.06804	4.725×10^{-4}	0.9678		0.002458	0.02950	0.03342	1.316×10^{-3}
in. H_2O, 4 C	27.68	0.1922	393.7	406.8		12.	13.60	0.5354
ft H_2O, 4 C	2.307	0.01602	32.81	33.90	0.08333		1.133	0.04460
in. Hg, 0 C	2.036	0.01414	28.96	29.92	0.07355	0.8826		0.03937
mm Hg, 0 C	51.71	0.3591	735.6	760.0	1.868	22.42	25.30	

টেবিল নং—১০ ,সাধারণভাবে মাপ পরিমাপে সহ্যসীমা ও অনুমিত ফাঁকের মাত্রা তালিকা

TOLERANCES ON FREE DIMENSIONS (All figures in mm)

DIMENSION RANGE	PERMISSIBLE DEVIATION				
	ON DIAMETER		IN LENGTH		
	SHAFT	BORE	SHAFT AND PROJECTIONS	HOLES AND DEPTHS	DISTANCES
1 to 3	—0.12	+0.12	—0.25	+0.25	±0.10
3 to 6	—0.16	+0.16	—0.30	+0.30	±0.10
6 to 10	—0.20	+0.20	—0.36	+0.36	±0.20
10 to 18	—0.24	+0.24	—0.43	+0.43	±0.20
18 to 30	—0.28	+0.28	—0.52	+0.52	±0.30
30 to 50	—0.34	+0.34	—0.62	+0.62	±0.30
50 to 80	—0.40	+0.40	—0.74	+0.74	±0.40
80 to 120	—0.45	+0.45	—0.87	+0.87	±0.40
120 to 180	—0.53	+0.53	—1.00	+1.00	±0.50
180 to 260	—0.60	+0.60	—1.15	+1.15	±0.60
260 to 360	—0.68	+0.68	—1.35	+1.35	±0.70
360 to 500	—0.76	+0.76	—1.55	+1.55	±0.80
500 to 630	—0.90	+0.90	—1.80	+1.80	±0.90

GRINDING ALLOWANCES FOR SHAFTS AND HOLES (All figures in mm)
H—to be heat treated before grinding. N—not to be heat treated.

DIAMETER RANGE	JOB	GRINDING ALLOWANCES ON DIAMETER FOR GRINDING LENGTH OF						
		HOLE			SHAFT			
		Upto 100	100-300	300-500	Upto 100	100-400	400-1200	Over 1200
Upto 10	N	0.20			0.25	0.30		
	H	0.30			0.40	0.45		
10-18	N	0.30			0.25	0.30		
	H	0.35			0.40	0.45		
18-30	N	0.30	0.35		0.30	0.40	0.45	
	H	0.40	0.45		0.50	0.60	0.65	
30-50	N	0.35	0.40		0.45	0.50	0.65	
	H	0.45	0.50		0.65	0.70	0.85	
50-120	N	0.40	0.45	0.55	0.50	0.60	0.80	1.00
	H	0.50	0.55	0.65	0.70	0.80	1.00	1.20
120-180	N	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.90	1.10
	H	0.60	0.65	0.70	0.85	0.90	1.10	1.30
180-360	N	0.60	0.65	0.75	0.70	0.80	1.00	1.20
	H	0.70	0.75	0.85	0.90	1.00	1.20	1.40
360-500	N	0.75	0.75	0.80	0.90	1.05	1.20	1.25
	H	0.85	0.85	0.90	1.15	1.30	1.45	1.50

টেবিল নং-১১ আমেরিকান আদর্শমান ফিট
AMERICAN STANDARD FITS
FITS

American Standard Loose and Free Fits
A.S.A. B4a–1925. All dimensions in inches

Size			Class 1. Loose Fit, Large Allowance, Interchangeable					Class 2. Free Fit, Liberal Allowance, Interchangeable				
			Limits			Tightest Fit, Allowance	Loosest Fit, Allowance +Tolerances	Limits			Tightest Fit, Allowance	Loosest Fit, Allowance +Tolerances
From	Up to and Including	Mean	Hole or External Member *	Shaft or Internal Member				Hole or External Member *	Shaft or Internal Member			
			Plus	Minus	Minus	Plus †	Plus †	Plus	Minus	Minus	Plus †	Plus †
0	3/16	1/8	0.001	0.001	0.002	0.001	0.003	0.0007	0.0004	0.0011	0.0004	0.0018
3/16	5/16	1/4	.002	.001	.003	.001	.005	.0008	.0006	.0014	.0006	.0022
5/16	7/16	3/8	.002	.001	.003	.001	.005	.0009	.0007	.0016	.0007	.0025
7/16	9/16	1/2	.002	.002	.004	.002	.006	.0010	.0009	.0019	.0009	.0029
9/16	11/16	5/8	.002	.002	.004	.002	.006	.0011	.0010	.0021	.0010	.0032
11/16	13/16	3/4	.002	.002	.004	.002	.006	.0012	.0012	.0024	.0012	.0036
13/16	15/16	7/8	.002	.002	.004	.002	.006	.0012	.0013	.0025	.0013	.0037
15/16	1 1/16	1	.003	.003	.006	.003	.009	.0013	.0014	.0027	.0014	.0040
1 1/16	1 3/16	1 1/8	.003	.003	.006	.003	.009	.0014	.0015	.0029	.0015	.0043
1 3/16	1 3/8	1 1/4	.003	.003	.006	.003	.009	.0014	.0016	.0030	.0016	.0044
1 3/8	1 5/8	1 1/2	.003	.003	.006	.003	.009	.0015	.0018	.0033	.0018	.0048
1 5/8	1 7/8	1 3/4	.003	.004	.007	.004	.010	.0016	.0020	.0036	.0020	.0052
1 7/8	2 1/8	2	.003	.004	.007	.004	.010	.0016	.0022	.0038	.0022	.0054
2 1/8	2 3/8	2 1/4	.003	.004	.007	.004	.010	.0017	.0024	.0041	.0024	.0058
2 3/8	2 3/4	2 1/2	.003	.005	.008	.005	.011	.0018	.0026	.0044	.0026	.0062
2 3/4	3 1/4	3	.004	.005	.009	.005	.013	.0019	.0029	.0048	.0029	.0067
3 1/4	3 3/4	3 1/2	.004	.006	.010	.006	.014	.0020	.0032	.0052	.0032	.0072
3 3/4	4 1/4	4	.004	.006	.010	.006	.014	.0021	.0035	.0056	.0035	.0077
4 1/4	4 3/4	4 1/2	.004	.007	.011	.007	.015	.0021	.0038	.0059	.0038	.0080

American Standard Medium and Snug Fits
A.S.A. B4a–1925. All dimensions in inches

Size			Class 3. Medium Fit, Medium Allowance, Interchangeable					Class 4. Snug Fit, Zero Allowance, Interchangeable		
			Limits			Tightest Fit, Allowance	Loosest Fit, Allowance + Tolerances	Limits		Loosest Fit, Allowance + Tolerances §
From	Up to and Including	Mean	Hole or External Member *	Shaft or Internal Member				Hole or External Member *	Shaft or Internal Member ‡	
			Plus	Minus	Minus	Plus †	Plus †	Plus †	Minus	Plus †
0	3/16	1/8	0.0004	0.0002	0.0006	0.0002	0.0010	0.0003	0.0002	0.0005
3/16	5/16	1/4	.0005	.0004	.0009	.0004	.0014	.0004	.0003	.0007
5/16	7/16	3/8	.0006	.0005	.0011	.0005	.0017	.0004	.0003	.0007
7/16	9/16	1/2	.0006	.0006	.0012	.0006	.0018	.0005	.0003	.0008
9/16	11/16	5/8	.0007	.0007	.0014	.0007	.0021	.0005	.0003	.0008
11/16	13/16	3/4	.0007	.0007	.0014	.0007	.0021	.0005	.0004	.0009
13/16	15/16	7/8	.0008	.0008	.0016	.0008	.0024	.0006	.0004	.0010
15/16	1 1/16	1	.0008	.0009	.0017	.0009	.0025	.0006	.0004	.0010
1 1/16	1 3/16	1 1/8	.0008	.0010	.0018	.0010	.0026	.0006	.0004	.0010
1 3/16	1 3/8	1 1/4	.0009	.0010	.0019	.0010	.0028	.0006	.0004	.0010
1 3/8	1 5/8	1 1/2	.0009	.0012	.0021	.0012	.0030	.0007	.0005	.0012
1 5/8	1 7/8	1 3/4	.0010	.0013	.0023	.0013	.0033	.0007	.0005	.0012
1 7/8	2 1/8	2	.0010	.0014	.0024	.0014	.0034	.0008	.0005	.0013
2 1/8	2 3/8	2 1/4	.0010	.0015	.0025	.0015	.0035	.0008	.0005	.0013
2 3/8	2 3/4	2 1/2	.0011	.0017	.0028	.0017	.0039	.0008	.0005	.0013
2 3/4	3 1/4	3	.0012	.0019	.0031	.0019	.0043	.0009	.0006	.0015
3 1/4	3 3/4	3 1/2	.0012	.0021	.0033	.0021	.0045	.0009	.0006	.0015
3 3/4	4 1/4	4	.0013	.0023	.0036	.0023	.0049	.0010	.0006	.0016
4 1/4	4 3/4	4 1/2	.0013	.0025	.0038	.0025	.0051	.0010	.0007	.0017

* Minimum limit = 0.0000 in. for all sizes. † Plus here denotes clearance or amount of looseness.
‡ Maximum limit = 0.0000 in. for all sizes. § Tightest fit allowance = 0.0000 for all sizes.

টেবিল নং—১২ লেদার বেল্টের প্রতি ইঞ্চি পুরুত্বের শক্তি হস্তান্তর ক্ষমতার তালিকা

Horsepower per Inch of Width (Factor K)

(American Leather Belting Assoc.)

	Single Ply		Double Ply			Triple Ply	
	11/64 in. Med.	13/64 in. Heavy	18/64 in. Light	20/64 in. Med.	23/64 in. Heavy	30/64 in. Med.	34/64 in. Heavy
Belt Speed, ft/min							
600	1.1	1.2	1.5	1.8	2.2	2.5	2.8
800	1.4	1.7	2.0	2.4	2.9	3.3	3.6
1000	1.8	2.1	2.6	3.1	3.6	4.1	4.5
1200	2.1	2.5	3.1	3.7	4.3	4.9	5.4
1400	2.5	2.9	3.5	4.3	4.9	5.7	6.3
1600	2.8	3.3	4.0	4.9	5.6	6.5	7.1
1800	3.2	3.7	4.5	5.4	6.2	7.3	8.0
2000	3.5	4.1	4.9	6.0	6.9	8.1	8.9
2200	3.9	4.5	5.4	6.6	7.6	8.8	9.7
2400	4.2	4.9	5.9	7.1	8.2	9.5	10.5
2600	4.5	5.3	6.3	7.7	8.9	10.3	11.4
2800	4.9	5.6	6.8	8.2	9.5	11.0	12.1
3000	5.2	5.9	7.2	8.7	10.0	11.6	12.8
3200	5.4	6.3	7.6	9.2	10.6	12.3	13.5
3400	5.7	6.6	7.9	9.7	11.2	12.9	14.2
3600	5.9	6.9	8.3	10.1	11.7	13.4	14.8
3800	6.2	7.1	8.7	10.5	12.2	14.0	15.4
4000	6.4	7.4	9.0	10.9	12.6	14.5	16.0
4200	6.7	7.7	9.3	11.3	13.0	15.0	16.5
4400	6.9	7.9	9.6	11.7	13.4	15.4	16.9
4600	7.1	8.1	9.8	12.0	13.8	15.8	17.4
4800	7.2	8.3	0.1	12.3	14.1	16.2	17.8
5000	7.4	8.4	0.3	12.5	14.3	16.5	18.2
5200	7.5	8.6	10.5	12.8	14.6	16.8	18.5
5400	7.6	8.7	10.6	12.9	14.8	17.1	18.8
5600	7.7	8.8	10.8	13.1	15.0	17.3	19.0
5800	7.7	8.9	10.9	13.2	15.1	17.5	19.2
6000	7.8	8.9	10.9	13.2	15.2	17.6	19.3
Minimum Pulley Diameter, in. — Belts Under 8 in. Wide	3	5	6	8	12	20	24
Minimum Pulley Diameter, in. — Belts 8 in. Wide and Over			8	10	14	24	30

These are the minimum allowable pulleys for the belts of the above thicknesses.

Note: For belt speeds of over 6000 ft per min, consult the leather belting manufacturer.

টেবিল নং-১৩ ভি—বেল্টের জন্য সার্ভিস ফেক্টর ও বেল্ট নির্বাচন তালিকা ; শক্তি হস্তান্তর ক্ষমতার তালিকা।

V-BELTS SERVICE FACTORS & BELT SELECTION

Service Factors

Agitators, paddle-propeller	1.0–1.2
Bakery machinery	1.0–1.2
Brick and clay machinery	1.2–1.6
Compressors	1.2–1.4
Conveyors	1.0–1.6
Crushing machinery	1.4–1.6
Fans and blowers	1.2–2.0
Flour-feed and cereal mill machinery	1.0–1.4
Generators and exciters	1.2
Pumps	1.2–2.0
Rubber plant machinery	1.4–2.0
Screens	1.2–1.4
Textile machinery	1.2–1.8

SELECTION of a V-belt drive should be based on nature of the load, type of driving unit, horsepower rating, and speeds of driving and driven units. To obtain the horsepower capacity for the drive, multiply the rated horsepower (name-plate rating) of the driving unit by the recommended service factor.

General Belt Selection Table

Motor Horsepower	Motor Speed, rpm				
	1800	1200	900	720	600 and below
1/2–3/4	A	A	A		
1–1 1/2	A	A	A		
2–3	A or B	A or B	A or B	A or B	
5	A or B	A or B	A or B	B	
7 1/2	A or B	A or B	B	B or C	B or C
10	A or B	B	B	B or C	C
15	B	B or C	B or C	C	C
20	B or C	C	C	C	C
25	C	C	C	C	C
30	C	C	C	C	C
40	C	C or D	C or D	C or D	D
50	C	C or D	C or D	D	D
60	C	C or D	C or D	D	D
75	C	C or D	C or D	D or E	D or E
100	C	D	D	D or E	D or E
125		D	D	D or E	D or E
150		D	D	D or E	E
200		D	D	E	E
250 and over				E	E

Note: When two cross sections are shown: If sheave pitch diameters are limited, use the smaller cross section. If sheave face widths are limited, use the larger cross section. If there are no limitations, use cross section providing the most economical drive.

Horsepower Rating of Rubberized Canvas Belting, per Inch of Width

(180-degree arc of contact)

No. of Plies	Belt Speed, ft/min									
	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500
3	1.2	1.8	2.4	2.9	3.5	4.0	4.3	4.6	4.9	5.2
4	1.7	2.5	3.2	4.0	4.7	5.4	5.8	6.2	6.6	7.0
5	2.1	3.1	4.1	5.0	5.9	6.8	7.5	7.9	8.4	8.8
6	2.7	3.9	5.2	6.4	7.5	8.5	9.4	10.2	10.8	11.1
7	3.1	4.5	6.0	7.4	8.7	10.0	10.7	11.6	12.7	13.0
8	3.5	5.2	6.9	8.5	10.0	11.4	12.4	13.3	14.1	14.8
9	4.0	5.8	7.7	9.6	11.2	12.9	14.0	15.0	15.9	16.7
10	4.4	6.5	8.6	10.6	12.4	14.3	15.5.	16.7	17.7	18.6
12	5.3	7.8	10.3	12.8	15.0	17.2	18.6	20.0	21.2	22.3

টেবিল নং—১৪ বৃটিশ এবং ইন্টারন্যাশানাল আদর্শমান থ্রেডের মাপ ও অনুপাত

Proportions of British Standard Whitworth Screw Threads

Full Diameter, in.	Threads per in.	Core Diameter, in.	Full Diameter, in.	Threads per in.	Core Diameter, in.	Full Diameter, in.	Threads per in.	Core Diameter, in.
1/8	40	.0930	1 1/4	7	1.0670	3 1/4	3.25	2.8560
3/16	24	.1341	1 3/8 *	6	1.1616	3 3/8 *	3.25	2.9810
1/4	20	.1860	1 1/2	6	1.2866	3 1/2	3.25	3.1060
5/16	18	2413	1 5/8 *	5	1.3689	3 5/8 *	3.25	3.2310
3/8	16	.2950	1 3/4	5	1.4938	3 3/4	3	3.3232
7/16	14	.3461	1 7/8 *	4.5	1.5904	3 7/8 *	3	3.4481
1/2	12	.3932	2	4.5	1.7154	4	3	3.5732
9/16	12	.4557	2 1/8 *	4.5	1.8404	4 1/8 *	3	3.6981
5/8	11	.5086	2 1/4	4	1.9298	4 1/4 *	2.875	3.8046
11/16 *	11	.5711	2 3/8 *	4	2.0548	4 3/8 *	2.875	3.9296
3/4	10	.6220	2 1/2	4	2.17[illegible]	4 1/2	2.875	4.0546
13/16 *	10	.6844	2 5/8 *	4	2.[illegible]48	4 3/4 *	2.75	4.2843
7/8	9	.7328	2 3/4	3.5	2[illegible]840	5	2.75	4.5344
15/16 *	9	.7952	2 7/8 *	3.5	[illegible].5091	5 1/4 *	2.625	4.7621
1	8	.8400	3	3.5	2.6340	5 1/2	2.625	5.0122
1 1/8	7	.9420	3 1/8 *	3.5	2.7591	6	2.5	5.4878

* For general use these sizes should not be used.

SCREW THREAD STANDARDS FOR FASTENERS

Proportions of British Association Threads

No.	Full Diameter, in.	Threads per in.	Core Diameter, in.	No.	Full Diameter, in.	Threads per in.	Core Diameter, in.
0	.2362	25.4	.1890	12	.0511	90.9	.0378
1	.2087	28.2	.1661	13	.0472	102.0	.0352
2	.1850	31.4	.1468	14	.0394	109.9	.0280
3	.1614	34.8	.1269	15	.0354	120.5	.0250
4	.1417	38.5	.1106	16	.0311	133.3	.0220
5	.1260	43.0	.0981	17	.0276	149.0	.0197
6	.1102	47.9	.0852	18	.0244	169	.0173
7	.0984	52.9	.0758	19	.0213	181	.0146
8	.0866	59.1	.0663	20	.0189	212	.0134
9	.0748	65.1	.0564	21	.0165	231	.0114
10	.0669	72.6	.0504	22	.0146	259	.0098
11	.0591	81.9	.0443	23	.0110	282	.0087

International Standard (Metric) Threads

(Dimensions in millimeters)

Outside Diameter	Pitch	Nut Minor Diameter	Outside Diameter	Pitch	Nut Minor Diameter	Outside Diameter	Pitch	Nut Minor Diameter
6	1.0	4.70	22	2.5	18.75	48	5.0	41.50
7	1.0	5.70	24	3.0	20.10	52	5.0	45.50
8	1.25	6.38	27	3.0	23.10	56	5.5	48.86
9	1.25	7.38	30	3.5	25.45	60	5.5	52.86
10	1.5	8.05	33	3.5	28.45	64	6.0	56.21
12	1.75	9.73	36	4.0	30.80	68	6.0	60.21
14	2.0	11.40	39	4.0	33.80	72	6.0	64.21
16	2.0	13.40	42	4.5	36.15	76	6.0	68.21
18	2.5	14.75	45	4.5	39.15	80	6.0	72.21
20	2.5	16.75						

টেবিল নং—১৫, আন্তর্জাতিক আদর্শমান মেট্রিক থ্রেড

SCREW THREADS



INTERNATIONAL STANDARD—METRIC THREAD DIMENSIONS AND TAP DRILL SIZES

Major Diameter m/m	Pitch m/m	Minor Diameter m/m	Pitch Diameter m/m	Tap Drill for 75% Thread m/m	Tap Drill for 75% Thread No. of Inches	Clearance Drill Size
2.0	.40	1.48	1.740	1.6	1/16	41
2.3	.40	1.78	2.040	1.9	48	36
2.6	.45	2.02	2.308	2.1	45	31
3.0	.50	2.35	2.675	2.5	40	29
3.5	.60	2.72	3.110	2.9	33	23
4.0	.70	3.09	3.545	3.3	30	16
4.5	.75	3.53	4.013	3.75	26	10
5.0	.80	3.96	4.480	4.2	19	3
5.5	.90	4.33	4.915	4.6	14	15/64"
6.0	1.00	4.70	5.350	5.0	9	1/4"
7.0	1.00	5.70	6.350	6.0	15/64"	19/64"
8.0	1.25	6.38	7.188	6.8	H	11/32"
9.0	1.25	7.38	8.188	7.8	5/16"	3/8"
10.0	1.50	8.05	9.026	8.6	R	27/64"
11.0	1.50	9.05	10.026	9.6	V	29/64"
12.0	1.75	9.73	10.863	10.5	Z	1/2"
14.0*	1.25	12.38	13.188	13.0	33/64"	9/16"
14.0	2.00	11.40	12.701	12.0	15/32"	9/16"
16.0	2.00	13.40	14.701	14.0	35/64"	21/32"
18.0*	1.50	16.05	17.026	16.5	41/64"	47/64"
18.0	2.50	14.75	16.376	15.5	39/64"	47/64"
20.0	2.50	16.75	18.376	17.5	11/16"	13/16"
22.0	2.50	18.75	20.376	19.5	49/64"	57/64"
24.0	3.00	20.10	22.051	21.0	53/64"	31/32"
27.0	3.00	23.10	25.051	24.0	15/16"	1 3/32"
30.0	3.50	25.45	27.727	26.5	1 3/64"	1 13/64"
33.0	3.50	28.45	30.727	29.5	1 11/64"	1 21/64"
36.0	4.00	30.80	33.402	32.0	1 17/64"	1 7/16"
39.0	4.00	33.80	36.402	35.0	1 3/8"	1 9/16"
42.0	4.50	36.15	39.077	37.0	1 29/64"	1 43/64"
45.0	4.50	39.15	42.077	40.0	1 37/64"	1 13/16"
48.0	5.00	41.50	44.752	43.0	1 11/16"	1 29/32"

*Special spark-plug sizes.

টেবিল নং—১৬, হুইটওয়ার্থ আদর্শমান পাইপ থ্রেড

Whitworth Standard Pipe Threads

Formula $\begin{cases} N = \text{number of threads per in.} \\ \text{Depth of thread} = \frac{\cdot 64}{N} \end{cases}$

Pipe Diameters							
Pipe Size Nom. Inside.	*Approx. Outside.*	*Threads per in.*	*Depth of Thread.*	*Gauge Diam.*	*Position of Gauge Diam.*	*Minimum Length of Thread*	*Tap Drill Size.*
$\frac{1}{8}$	$\frac{13}{32}$	28	·0230	0·383	$\frac{5}{32}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{21}{64}$
$\frac{1}{4}$	$\frac{17}{32}$	19	·0335	0·518	$\frac{3}{16}$	$\frac{7}{16}$	$\frac{29}{64}$
$\frac{3}{8}$	$\frac{11}{16}$	19	·0335	0·656	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{37}{64}$
$\frac{1}{2}$	$\frac{27}{32}$	14	0455	0·825	$\frac{1}{4}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{23}{32}$
$\frac{5}{8}$	$\frac{15}{16}$	14	·0455	0·902	$\frac{1}{4}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{51}{64}$
$\frac{3}{4}$	$1\frac{1}{16}$	14	·0455	1·041	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{59}{64}$
$\frac{7}{8}$	$1\frac{7}{32}$	14	·0455	1·189	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{4}$	$1\frac{1}{16}$
1	$1\frac{11}{32}$	11	·0580	1·309	$\frac{3}{8}$	$\frac{7}{8}$	1 [illegible]
$1\frac{1}{4}$	$1\frac{11}{16}$	11	·0580	1·650	$\frac{1}{2}$	1	$1\frac{1}{2}$
$1\frac{1}{2}$	$1\frac{29}{32}$	11	·0580	1·882	$\frac{1}{2}$	1	$1\frac{3}{4}$
$1\frac{3}{4}$	$2\frac{5}{32}$	11	·0580	2·116	$\frac{5}{8}$	$1\frac{1}{8}$	$1\frac{31}{32}$
2	$2\frac{3}{8}$	11	·0580	2·347	$\frac{5}{8}$	$1\frac{1}{8}$	$2\frac{13}{64}$
$2\frac{1}{4}$	$2\frac{5}{8}$	11	·0580	2·587	$\frac{11}{16}$	$1\frac{1}{4}$	$2\frac{27}{64}$
$2\frac{1}{2}$	3	11	·0580	2·960	$\frac{11}{16}$	$1\frac{1}{4}$	$2\frac{13}{16}$
$2\frac{3}{4}$	$3\frac{1}{4}$	11	·0580	3·210	$\frac{13}{16}$	$1\frac{3}{8}$	$3\frac{3}{64}$
3	$3\frac{1}{2}$	11	·0580	3·460	$\frac{13}{16}$	$1\frac{3}{8}$	$3\frac{9}{32}$
$3\frac{1}{4}$	$3\frac{3}{4}$	11	·0580	3·700	$\frac{7}{8}$	$1\frac{1}{2}$	$3\frac{17}{32}$
$3\frac{1}{2}$	4	11	·0580	3·950	$\frac{7}{8}$	$1\frac{1}{2}$	$3\frac{25}{32}$
$3\frac{3}{4}$	$4\frac{1}{4}$	11	·0580	4·200	$\frac{7}{8}$	$1\frac{1}{2}$	$4\frac{1}{32}$
4	$4\frac{1}{2}$	11	·0580	4·450	1	$1\frac{5}{8}$	$4\frac{9}{32}$
$4\frac{1}{2}$	5	11	·0580	4·950	1	$1\frac{5}{8}$	—
5	$5\frac{1}{2}$	11	·0580	5·450	$1\frac{1}{8}$	$1\frac{3}{4}$	—
$5\frac{1}{2}$	6	11	·0580	5·950	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{7}{8}$	—
6	$6\frac{1}{2}$	11	·0580	6·450	$1\frac{3}{8}$	2	—

For Basic Sizes and Tolerances of Pipe Threads, see B.S. No. 21, 1938.

টেবিল নং ২২ লুব্রিকেন্টসের তালিকা
List of Lubricants, their

Equipment or place of lubrication	Lubricant, Any one	Manufacturer
1. Turbine, Boiler feed pump etc; i.e high quality life service requirement place. Needed for good hydraulic performance quality.	SAE (stand)	Society of Am. Eng
	THB 32 THB 46	BP
	Terresso-46 Tevesso-46	ESSO
	TDE Medium	Mobil
	Turbo 32 or 46 shell Talpha 30	shell
2. Water transfer pumps, Condensate pumps, medium speed pumps, engines, enines, winches, hydraulic disce clutches, Steerving gear etc.	Energol HLP 100	BP
	Nuto H-68	ESSO
	DTE 26	Mobi
	Tellus 46	Shell
3. Pumps with ball and roller bearing, Bearings for electric motor for General Purpose at any where within tempereture range -35^{0}C to 125^{0}C	Energrease LS2	BP
	Beacon 3	ESSO
	Mobilux 3	Mobil
	Alvania 2	Shell
4. Equipment ball or roller bearing with low speed, Butterfly Valve, any valve Spindle and thread, and other general purpose works.	Energrese Ls2	2-BP
	Beacon 2	Esso
	Mobilux 2	Mobil
	Alvania 20r3	shell
5. Gasoline and Diesel Engine, Heavy duty crankage, Buses, Road Trucks, Boats, enstruction equipment, Drainage and Sewarge pumps etc.	Veneluss SAE10 Veneluss SAE 20	BP
	ESSO lube HD*10 HD x 20	ESSO
	Delvac 10 Delvac 20	Mobil
	Rotella S x 10 S x 20	

←, উহাদের ব্যবহার ও গুনাগুন
uses and properties

Viscosity unit S.S.U cst/E at 40°c/100°c	Flash point	pour point	Interval of	
			Oil cheek	Oil change
For grade 32 in all brands S. S. V at 40°C is 154 and at 100°C, 44.3. cst at 40°C is 30. For grade 46 S.S.U at 40 °C in 225 and at 100°C is 49.2 cst at 40°C is 44.	For grade 32 or 30 is 215°C, For grade 46 is 220°C	For grade 30 or 32 -12°C For grade -12°C	Weekly or monthly for general cheek. yearly for special Cheek	5-7 year depends on the oil test results
kinematic viscosity at 40°C is 64.6 cst and at 100°C 8.5 cst	220°C	–30°C	Monthly or quarterly	1-2 years
Grease of Penetration at 25°C is 237 mm/10 Sec	Droping Point 185°C		monthly	yearly
same	same		same	same
For grade 10, S.S.U at 40°C is 218 & at 100°C is 49. Cst at 40°C is 43 & at 100°C is 6.8. Engler at 50°C is 3.8 & at 100°C is 1.54, For grade 20 simillarly are S.S.U, 338 &56 cst, 67 & 8.8, Engler 5.4 & 1.54 respectively	220°C	-30°C	Monthly	2-4 years according using place & prach cal coudices

Equipment or place of lubrication	Lubricant Any one	Manufacturer
6. Steam control valve linkage, cam or roller bearing in high temperature (200^{0}C) and also in plain and antifriction bearings in low speed with high temp can be greased.	Narva 275	ESSO
7. Heavy duty roller bearing particularly in place where sea water or salty atmosphere prevails. To be used on conveyers, over head line shafting etc.	CAZAR K_1 or K_2	ESSO
8. Running cables, wire ropes, open gears, heavy loaded mechanism.	Energol CS 125	BP
	SURETT FIVID	ESSO
	DTE oil 16	Mobil
	VITREA OEL 68	Shell
9. For Air condition and Refrigeration plant, Refrigerating compressor, ice plant and any cold place upto temp 100^{0}c.	ZERICE 46	ESSO
10. For high temperature enviorment linkage or slow speed bearing or any moving part goes into fire for short period or lubrication for rimillar type works upto temperature 1000^{0}c .	Molikote grease BR 2	ESSO
11. In compressors having high air dicharge upto temp 220^{0}c or in neu matic air cylinder.	Compressor oil S100	ESSO
12. Cutting and grinding fluid for cooling and lubricating, all other general purpose work for machining.	KUTWELL30 or 40	ESSO
13. Hydraulic oils to be used for hydraulic pump or power trans-mission system.	NUTO H32 or 46	ESSO

Viscosity unit S.S.U cst/E at 40⁰c/100oc	Flash point	pour point	Interval of	
			Oil cheek	Oil change
S.S.U & cst at 40^0C are 2500 & 484 respectively of the grease	Dropping point 260^0C		quater yearly	6-12 monthly
S.S.U at 100^0C is 900 of the grease	93^0C		Six monthly	Yearly
	230^0C	-15^0C	yearly	5 yearly
S.S.U at 40^0C is 228 & at 100^0C 46.2, cst 44 & 5.7 respectively	196^0	-36^0	yearly	3 yearly
			monthly	6 monthly
			quarterly	1-2 yearly
	210^0C	-52^0C	yearly	5-7 yearly

টেবিল নং—২৩ প্রকার ভেদে পাইপের পরিমাপ তালিকা

PIPE

DIMENSIONS							INTERNAL AREA		PROPERTIES		
Nom. Dia. In.	Outside Dia. In.	Inside Dia. In.	Thickness In.	Weight per Ft Lb Plain Ends	Weight per Ft Lb Thread & Cplg.	Threads per Inch	Square Inches	Square Feet	I In.⁴	A In.²	r In.
					STANDARD						
1/8	0.405	0.269	0.068	0.24	0.25	27	0.057	0.00040	0.001	0.072	0.12
1/4	0.540	0.364	0.088	0.42	0.43	18	0.104	0.00072	0.003	0.125	0.16
3/8	0.675	0.493	0.091	0.57	0.57	18	0.191	0.00133	0.007	0.167	0.21
1/2	0.840	0.622	0.109	0.85	0.85	14	0.304	0.00211	0.017	0.250	0.26
3/4	1.050	0.824	0.113	1.13	1.13	14	0.533	0.00371	0.037	0.333	0.33
1	1.315	1.049	0.133	1.68	1.68	11½	0.864	0.00600	0.087	0.494	0.42
1¼	1.660	1.380	0.140	2.27	2.28	11½	1.495	0.01040	0.195	0.669	0.54
1½	1.900	1.610	0.145	2.72	2.73	11½	2.036	0.01414	0.310	0.799	0.62
2	2.375	2.067	0.154	3.65	3.68	11½	3.355	0.02330	0.666	1.075	0.79
2½	2.875	2.469	0.203	5.79	5.82	8	4.788	0.03322	1.530	1.704	0.95
3	3.500	3.068	0.216	7.58	7.62	8	7.393	0.05130	3.017	2.228	1.16
3½	4.000	3.548	0.226	9.11	9.20	8	9.886	0.06870	4.788	2.680	1.34
4	4.500	4.026	0.237	10.79	10.89	8	12.730	0.08840	7.233	3.174	1.51
5	5.563	5.047	0.258	14.62	14.81	8	20.006	0.1390	15.16	4.300	1.88
6	6.625	6.065	0.280	18.97	19.19	8	28.891	0.2006	28.14	5.581	2.25
8	8.625	8.071	0.277	24.70	25.00	8	51.161	0.3553	63.35	7.265	2.95
8	8.625	7.981	0.322	28.55	28.81	8	50.027	0.3474	72.49	8.399	2.94
10	10.750	10.192	0.279	31.20	32.00	8	81.585	0.5666	125.9	9.178	3.70
10	10.750	10.136	0.307	34.24	35.00	8	80.691	0.5604	137.4	10.07	3.69
10	10.750	10.020	0.365	40.48	41.13	8	78.855	0.5475	160.7	11.91	3.67
12	12.750	12.090	0.330	43.77	45.00	8	114.80	0.7972	248.5	12.88	4.39
12	12.750	12.000	0.375	49.56	50.71	8	113.10	0.7854	279.3	14.58	4.38
					EXTRA STRONG						
1/8	0.405	0.215	0.095	0.31	0.32	27	0.036	0.00025	0.001	0.093	0.11
1/4	0.540	0.302	0.119	0.54	0.54	18	0.072	0.0005	0.004	0.157	0.15
3/8	0.675	0.423	0.126	0.74	0.75	18	0.141	0.00098	0.009	0.217	0.20
1/2	0.840	0.546	0.147	1.09	1.10	14	0.234	0.00163	0.020	0.320	0.25
3/4	1.050	0.742	0.154	1.47	1.49	14	0.433	0.00300	0.045	0.433	0.32
1	1.315	0.957	0.179	2.17	2.20	11½	0.719	0.00499	0.106	0.639	0.41
1¼	1.660	1.278	0.191	3.00	3.05	11½	1.283	0.00891	0.242	0.881	0.52
1½	1.900	1.500	0.200	3.63	3.69	11½	1.767	0.01225	0.391	1.068	0.61
2	2.375	1.939	0.218	5.02	5.13	11½	2.953	0.02050	0.868	1.477	0.77
2½	2.875	2.323	0.276	7.66	7.83	8	4.238	0.02942	1.924	2.254	0.92
3	3.500	2.900	0.300	10.25	10.46	8	6.605	0.04587	3.894	3.016	1.14
3½	4.000	3.364	0.318	12.51	12.82	8	8.885	0.06170	6.280	3.678	1.31
4	4.500	3.826	0.337	14.98	15.39	8	11.497	0.07986	9.610	4.407	1.48
5	5.563	4.813	0.375	20.78	21.42	8	18.194	0.1263	20.67	6.112	1.64
6	6.625	5.761	0.432	28.57	29.33	8	26.067	0.1810	40.49	8.405	2.20
8	8.625	7.625	0.500	43.39	44.72	8	45.663	0.3171	105.7	12.76	2.88
10	10.750	9.750	0.500	54.74	56.94	8	74.662	0.5185	211.9	16.10	3.63
12	12.750	11.750	0.500	65.42	68.02	8	108.434	0.7528	361.5	19.24	4.34
					DOUBLE-EXTRA STRONG						
1/2	0.840	0.252	0.294	1.71	1.73	14	0.05[illegible]	0.00035	0.024	0.504	0.22
3/4	1.050	0.434	0.308	2.44	2.45	14	0.149	0.00103	0.058	0.718	0.26
1	1.315	0.599	0.358	3.66	3.6[illegible]	11½	0.282	0.00196	0.140	1.076	0.36
1¼	1.660	0.896	0.382	5.21	5.2[illegible]	11½	0.633	0.00438	0.341	1.534	0.47
1½	1.900	1.100	0.400	6.41	6.4[illegible]	11½	0.950	0.006[illegible]	0.568	1.885	0.55
2	2.375	1.503	0.436	9.03	9.14	11½	1.774	0.012[illegible]	1.311	2.656	0.70
2½	2.875	1.771	0.552	13.70	13.8[illegible]	8	2.464	0.01710	2.871	4.028	0.84
3	3.500	2.300	0.600	18.58	18.79	8	4.155	0.02885	5.992	5.466	1.05
3½	4.000	2.728	0.636	22.85	23.16	8	5.845	0.04059	9.846	6.721	1.21
4	4.500	3.152	0.674	27.54	27.95	8	7.803	0.054[illegible]	15.28	8.101	1.37
5	5.563	4.063	0.750	38.55	39.20	8	12.9[illegible]	0.09[illegible]	33.64	11.34	1.72
6	6.625	4.897	0.864	53.16	53.5[illegible]	8	18.8[illegible]	[illegible]	66.33	15.64	2.06
8	8.625	6.875	0.875	72.42	73.76	8	37.1[illegible]	[illegible]	162.0	21.30	2.76

টেবিল নং—২৪

ডিপ গ্রুপ বল বিয়ারিং, তাদের মাপ—পরিমাপ এবং কতিপয় প্রস্তুত কারকের প্রকৃতিকরণ সংকেত

Dimensions in mm			SKF	NBC	BBL	NORMA
d	D	B				
			NARROW LIGHT SERIES			
10	32	9	98200	LION	102K	L10N
15	37	9	98202	L15N	103K	103A
20	42	9	98204	L20N	104K	104A
25	52	9	98205	L25N	105K	105-9
30	62	10	98206	L30N	106K	106A
35	70	10	98207	L35N	107K	L35N
40	80	11	98208	L40N	106K	L40N
45	85	11	98209	L45N	109K	L45N
50	90	11	98210	L50N	110K	110A
55	100	12	98211	L55N	111K	L55N
60	105	12	98212	L60N	112K	L60N
65	115	14	98213	L65N	113K	L65N
			LIGHT SERIES			
10	30	9	6200	110	200K	6200
12	32	10	6201	112	201K	6201
15	35	11	6202	115	202K	6202
17	40	12	6203	117	203K	6203
20	47	14	6204	120	204K	6204
25	52	15	6205	125	205K	6205
30	62	16	6206	130	206K	6206
35	72	17	6207	135	207K	6207
40	80	18	6208	140	208K	6208
45	85	19	6209	145	209K	6209
50	90	20	6210	150	210K	6210
55	100	21	6211	155	211K	6211
60	110	22	6212	160	212K	6212
65	120	23	6213	165	213K	6213
70	125	24	6214	170	214K	6214
75	130	25	6215	175	215K	6215
80	140	26	6216	180	216K	6216
85	150	28	5217	185	217K	6217
90	160	30	6218	190	218K	6218
95	170	32	6219	195	219K	6219

Dimensions in mm			SKF	NBC	BBL	NORMA
d	D	B				
			MEDIUM SERIES			
10	35	11	6300	310	300K	6300
12	37	12	6301	312	301K	6301
15	42	13	6302	315	302K	6302
17	47	14	6303	317	303K	6303
20	52	15	6304	320	304K	6304
25	62	17	6305	325	305K	6305
30	72	19	6306	330	306K	6306
35	80	21	6307	335	307K	6307
40	90	23	6308	340	308K	6308
45	100	25	6309	345	309K	6309
50	110	27	6310	350	310K	6310
55	120	29	6311	355	311K	5311
60	130	31	6312	360	312K	6312
65	140	33	6313	365	313K	6313
70	150	35	6314	370	314K	6314
75	160	37	6315	375	315K	6315
80	170	39	6316	380	316K	6316
85	180	41	6317	385	317K	6317
90	190	43	6318	390	318K	6318
95	200	45	6319	395	319K	6319
100	215	47	6320	400	320K	6320
			HEAVY SERIES			
15	52	15		515	402K	6402
17	62	17	6403	517	403K	6403
20	72	19	6404	520	404K	6404
25	80	21	6405	525	405K	6405
30	90	23	6406	530	406K	6406
35	100	25	6407	535	407K	6407
40	110	27	6408	540	408K	6408
45	120	29	6409	545	409K	6409
50	130	31	6410	550	410K	6410
55	140	33	6411	555	411K	6411
60	150	35	6412	560	412K	6412
65	160	37	6413	565	413K	6413
70	180	42	6414	570	414K	6414
75	190	45	6415	575	415K	6415
80	200	48	6416	580	416K	6416
85	210	52	6417	585	417K	6417

টেবিল নং–২৫ আদর্শমান বল বিয়ারিং'এর আভ্যন্তরীন ব্যাস সাইজ, মিঃ মিঃ ও ইঞ্চিতে আদর্শমান রেডিয়াল বিয়ারিং থ্রাস্ট বিয়ারিং'এর সহ্যসীমা

Standard Ball Bearing Bore Sizes

Basic Bearing # Last 2 Digits	mm Bore Size	Inch Bore Size	Basic Bearing # Last 2 Digits	mm Bore Size	Inch Bore Size
00	10	0.3937	18	90	3.5433
01	12	0.4724	19	95	3.7402
02	15	0.5906	20	100	3.9370
03	17	0.6693	21	105	4.1339
04	20	0.7874	22	110	4.3307
05	25	0.9843	24	120	4.7244
06	30	1.1811	26	130	5.1181
07	35	1.3780	28	140	5.5118
08	40	1.5748	30	150	5.9055
09	45	1.7717	32	160	6.2992
10	50	1.9685	34	170	6.6929
11	55	2.1654	36	180	7.0866
12	60	2.3622	38	190	7.4803
13	65	2.5591	40	200	7.8740
14	70	2.7559	42	210	8.2677
15	75	2.9528	44	220	8.6614
16	80	3.1496	48	240	9.4488
17	85	3.3465			

Tolerances for Standard Radial Bearings—

Tolerance Values in 0.0001 in.

OUTER RING

Outside Diam. D, mm		Tolerances for Outside Diameter				Tolerances for Width		Maximum Radial Runout
		D_{mean}		D_{max}	D_{min}			
Over	Incl.	Upper Limit	Lower Limit			Upper Limit	Lower Limit	
0	18	+0	−4	+1	−5	+0	Identical to that of inner ring of same bearing.	6
18	30	+0	−4	+1	−5	+0		6
30	50	+0	−5	+2	−7	+0		8
50	80	+0	−5	+2	−7	+0		10
80	120	+0	−6	+3	−9	+0		14
120	150	+0	−8	+3	−11	+0		16
150	180	+0	−10	+3	−13	+0		18
180	250	+0	−12	+4	−16	+0		20
250	315	+0	−14	+4	−18	+0		24
315	400	+0	−16	+4	−20	+0		28

Tolerances for Standard Thrust Bearings

Tolerance Values in 0.0001 in.

Bore or Outside Diam., mm		Tolerances for Bore				Tolerances for Outside Diam. D_{mean}		Maximum Axial Runout of Either Ring
		d_{mean}		d_{min}	d_{max}			
Over	Incl.	Lower Limit	Upper Limit			Upper Limit	Lower Limit	
0	30	−4	+0	−5	+1	+0	−4	4
30	50	−5	+0	−7	+2	+0	−5	5
50	80	−6	+0	−8	+2	+0	−6	6
80	120	−8	+0	−10	+2	+0	−8	7
120	180	−10	+0	−13	+3	+0	−10	7
180	250	−12	+0	−16	+4	+0	−12	8
250	315	−14	+0	−18	+4	+0	−14	10
315	400	−16	+0	−20	+4	+0	−16	12
400	500	−18	+0	−23	+5	+0	−18	14

টেবিল নং—২৬

রোলার বিয়ারিং'এ ব্যবহৃত লুব্রিকেন্টের স্পেসিফিকেসন এবং সেই অনুসারে ব্যবহার তালিকা

Lubricants for Roller Bearings

Oil			Grease			
Specification No.	Viscosity, Saybolt Universal		Specification No.	Base	Consistency, Karns-Maag Method	
	sec	°F			mm	°F
1	75–500	100	10	Lime	20–40	75
2	100–700	100	11	Lime	15–30	75
3	60–100	210	12	Lime or soda	20–50	75
4	100 & Up	210	13	Lime or soda	20–40	75
5	75–300	100	14	Soda	15–30	75
6 *	75–100	210	15	Soda; short fiber	30–50	75
7 *	100–175	210	16	Soda	20–40	75
8 *	100–250	210	17 *	Water resistant	20–30	75
9 *	175–250	210	18 *	Lime or soda	20–30	75
....	....	....	19 *	Water resistant	15–25	75
....	....	....	20 *	Lime or soda	15–25	75
....	....	....	21 *	Lime or soda	30–45	75

Oil Lubrication—Recommended Specification

Speed, rpm	Bearings up to 6 in. Outside Diam.				Bearings over 6 in. Outside Diam.			
	Maximum Temperature, °F				Maximum Temperature, °F			
	32	125	180	Over 180	32	125	180	Over 180
	Recommended Specification No.				Recommended Specification No.			
0–500 †	....	....	....	....	6 ‡	7	8	9
0–500	1	2	3	4	1 ‡	2	3	4
500–1000	1	2	3	4	1	2	3	4
Over 1000	5	2	3	4	5	2	3	4

Grease Lubrication—Recommended Specification

Speed, rpm	Moisture Present								No Moisture Present							
	Bearings up to 6 in. Outside Diam.				Bearings over 6 in. Outside Diam.				Bearings up to 6 in. Outside Diam.				Bearings over 6 in. Outside Diam.			
	Maximum Temperature, °F								Maximum Temperature, °F							
	32	125	180	Over 180	32	125	180	Over 180	32	125	180	Over 180	32	125	180	Over 180
	Recommended Specification No.								Recommended Specification No.							
0–500 †	....	....	....	....	....	17	19	§	....	....	....	....	21	18	20	§
0–500	....	10	11	§	....	10	11	§	12	13	14	§	12	13	14	§
500–1000	....	10	11	§	§	§	§	§	12	13	14	§	§	§	§	§
Over 1000	....	10	11	§	§	§	§	§	15	16	14	§	§	§	§	§

* Extreme pressure lubricant. † Heavy duty applications. ‡ No moisture present.
§ Not recommended.

কাইনামেটিক ভিসকসিটি ও সে-বোল্ট ভিসকসিটির সমমান পরিবর্তন তালিকা

Values for Converting Saybolt Viscosity to Kinematic Viscosity

Kinematic Viscosity, centistokes	Equivalent SUS at 100 F	Equivalent SUS at 210 F
2	32.6	32.8
2.5	34.4	34.6
3	36.0	36.3
3.5	37.6	37.9
4	39.1	39.4
4.5	40.7	41.0
5	42.3	42.6
6	45.5	45.8
7	48.7	49.0
8	52.0	52.4
9	55.4	55.8
10	58.8	59.2
15	77.2	77.7
20	97.5	98.2
25	118.9	119.7
30	140.9	141.9
40	185.7	187.0
50	231.4	233.0
60	277.4	279.3
70	323.4	325.7
Over 70	SUS = CS × 4.620 CS = SUS × 0.2165	SUS = CS × 4.652 CS = SUS × 0.2150

Note. To obtain SUS equivalent to a kinematic viscosity at t F, multiply the equivalent SUS at 100 F by $1 + (t - 100) \times 6.4 \times 10^{-5}$

Lubricants for Cutting Tools

Material.	*Turning.*	*Chucking.*	*Drilling, Milling.*	*Reaming.*	*Tapping.*
Tool steel	Dry or oil	Oil or soda water	Oil	Lard oil	Oil
Soft steel	Dry or soda water	Soda water	Oil or soda water	Lard oil	Oil
Wrought iron	Dry or soda water	Soda water	Soda water	Lard oil	Oil
Cast iron	Dry	Dry	Dry	Dry	Oil
Brass	Dry	Dry	Dry	Dry	Oil
Copper	Dry	Oil	Oil	Mixture	Oil
Babbit	Dry	Dry	Dry	Dry	Oil

"Mixture" consists of $\frac{1}{4}$ crude petroleum, $\frac{3}{4}$ lard oil   Oil means

O-রিং এবং তদসম্পর্কিত আদর্শমান পরিমাপ তালিকা

(All dimensions in inches)

AN 6227 Dash No.	Operating O Ring Packings and Machining Details										
	O Ring Specifications					Machining Details					
	Nominal Size			Actual Size		A and A′ ± .001	B and B′ ± .001	C		D	R*
	W	ID	OD	W	ID						
	Cross Section	Inside Diameter	Outside Diameter	Cross Section	Inside Diameter	Inside Diameter of Cylinder or Outside Diameter of Gland Groove	Diameter of Piston Head Groove or Diameter of Piston Rod	See Note Cross Section of Recess	Minimum Squeeze	Rectangular Groove Length	Vee Groove Radius
1	1/16	1/8	1/4	.070 ± .003	.114 ± .005	.250	.123	.057	.010	3/32	.0570
2	1/16	5/32	9/32	.070 ± .003	.145 ± .005	.281	.154	"	"	"	"
3	1/16	3/16	5/16	.070 ± .003	.176 ± .005	.312	.185	"	"	"	"
4	1/16	7/32	11/32	.070 ± .003	.208 ± .005	.344	.217	"	"	"	"
5	1/16	1/4	3/8	.070 ± .003	.239 ± .005	.375	.248	"	"	"	"
6	1/16	5/16	7/16	.070 ± .003	.301 ± .005	.4375	.310	"	"	"	"
7	1/16	3/8	1/2	.070 ± .003	.364 ± .005	.500	.373	"	"	"	"
8	3/32	3/8	9/16	.103 ± .003	.362 ± .005	.5625	.373	.090	.010	9/64	.0900
9	3/32	7/16	5/8	.103 ± .003	.424 ± .005	.625	.435	"	"	"	"
10	3/32	1/2	11/16	.103 ± .003	.487 ± .005	.6875	.498	"	"	"	"
11	3/32	9/16	3/4	.103 ± .003	.549 ± .005	.750	.560	"	"	"	"
12	3/32	5/8	13/16	.103 ± .003	.612 ± .005	.8125	.623	"	"	"	"
13	3/32	11/16	7/8	.103 ± .003	.674 ± .005	.875	.685	"	"	"	"
14	3/32	3/4	15/16	.103 ± .003	.737 ± .005	.9375	.748	"	"	"	"
15	1/8	3/4	1	.139 ± .004	.734 ± .006	1.001	.747	.123	.012	3/16	.1230
16	1/8	13/16	1 1/16	.139 ± .004	.796 ± .006	1.063	.809	"	"	"	"
17	1/8	7/8	1 1/8	.139 ± .004	.859 ± .006	1.126	.872	"	"	"	"
18	1/8	15/16	1 3/16	.139 ± .004	.921 ± .006	1.186	.934	"	"	"	"
19	1/8	1	1 1/4	.139 ± .004	.984 ± .006	1.251	.997	"	"	"	"
20	1/8	1 1/16	1 5/16	.139 ± .004	1.046 ± .006	1.313	1.059	"	"	"	"

সিলিং কমপাউন্ডের পদার্থ প্রকৃতি,

Maker	Reference	Service							Suggested Maximum Temperature °C
		Air	Gas	Oil	Water	Steam	Acid	Alkali	
Graphited									
Graphite Products Ltd.	Graphite Pipe Compound Grade A	X	X	—	X	X	—	—	500
C. R. Averill Ltd.	Avarc Standard Graphite	X	X	—	X	X	X	X	500
Graphite Products Ltd.	Foliac Graphite Pipe Joint Compound Type A	X	X	—	X	X	X	X	500
Non-Graphited Liquid									
Kenilworth Man Co. Ltd.	Hermetite Liquid	X	X	X	X	X	X	X	375
J. Walker Ltd.	Lion Liquid	X	X	X	X	X	X	X	375
Non-Graphited Paste									
Graphite Products Ltd.	Foliac 'Super Red'	X	X	X	X	X	X	X	300
Small Sons & Co. (I.C.I. Ltd.)	Stag Grade A	X	X	X	X	X	X	X	300
Held Glue & Compounds Co. Ltd.	Heldite	X	X	X	X	X	X	X	450
Kenilworth Man Co. Ltd.	Hermetite 1310	X	X	X	X	X	X	X	450
British Steam Specialists Ltd.	'Boss' White	X	X	—	X	X	—	—	550
Graphite Products Ltd.	Foliac White Pipe Joint Compound	X	X	—	X	X	—	—	550
Kenilworth Man. Co. Ltd.	Hermetite 1250	X	X	X	X	X	X	X	650
Non-Graphited Powder									
Fibrine Co. Ltd.	Fibrine	X	X	X	X	X	X	X	550
Manganese									
British Steam Specialities Ltd.	'Boss' Manganese Paste	X	X	—	X	X	—	—	430
Graphite Products Ltd.	Foliac Manganese Paste	X	X	—	X	X	—	—	450
J. Hudson & Co. (Successors)	Manganesite Paste	X	X	X	X	X	—	X	430
Synthetic Rubber Based									
Marston Lubricants Ltd.	Hylomar SQ 32/M	X	X	X	X	X	X	X	300

গেসকেটের পদার্থ প্রকৃতি ও তার ব্যবহার স্থান

GASKET MATERIALS AND THEIR USES

GROUP	MATERIAL	GENERAL USES	MAX. PRESSURE	MAX. TEMP.
Soft	Natural Rubber	Water, Air, Gas, Weak Acid	Low Pressure only	100°C 200°F
,,	Neoprene	Water, Gas, Lub. Oil	100 p.s.i.	120°C 250°F
,,	P.T.F.E.	Most Chemicals	Depends on Joint Design	Up to 300°C
,,	Vegetable Fibre	Water, Lub. Oil	100 p.s.i.	100°C 200°F
,,	Synthetic Rubber Bonded Cork	Oil, Water, Gas	100 p.s.i.	100°C 200°F
,,	Compressed Asbestos Fibre (C.A.F.)	Steam, Water, Oil * When Bonded with Synthetic Rubber	100 p.s.i.	540°C 900°F
Metal	Lead	Strong Sulphuric Acid	100 p.s.i.	100°C 200°F
,,	Copper and Brass	Steam, Water, Gas	Depends on Joint Design	350°C 600°F
,,	Iron, Steel	Most Alkalis, Some Acids Steam, Water if Deaerated	,, ,,	550°C 1000°F
,,	Monel	Corrosive Conditions, Acids, Alkalis, Steam, Water	,, ,, ,, ,,	925°C 1500°F
,,	Stainless Steel (18.8)	Corrosive Conditions High Pressure, Steam and Water	,, ,,	500°C 800°F
Combination	Copper and Asbestos	I.C. Engine Gaskets	,, ,,	350°C 600°F
,,	Steel and Asbestos	I.C. Engine Gaskets Boiler Header Caps	,, ,,	510°C 950°F
,,	Spiral Wound Stainless Steel	All High Pressure High Temperature Steam and Water Joints	,, ,,	650°C 1200°F

অক্সি—এসিটেলিন ওয়েলডিং'এর ডাটা

ইলেকট্রোড্স ও আনুমানিক বিদ্যুৎ প্রবাহের পরিমাণ

GENERAL DATA FOR OXY-ACETYLENE WELDING

Blowpipe Size No.	*Size of Orifice in Blowpipe Nozzle (in.)*	*Approx. Litre Cap. (per hr)*	*Approx. Acety. Gas Consumption (per hr) (cu. ft)*	*Recommended Thickness of Metal to be Welded by each Blowpipe Size*			
				Mild Steel Fusion Welding	*Mild Steel Sif-bronze Welding*	*Cast Iron Fusion Welding*	*Cast Iron Sif-bronze Welding*
0	0·021	25	0·75	1/32	1/16		
1	0·028	50	1·5	1/16	3/32		
2	0·035	100	3·0	3/32	1/8		1/8
3	0·040	150	4·5	1/8	5/32	1/8	5/32
4	0·0465	225	7·0	5/32	3/16	5/32	3/16
5	0·0595	350	12·5	3/16	1/4	3/16	1/4
6	0·063	420	15·0	1/4	5/16	1/4	5/16
7	0·073	520	18·0	5/16	1/2	5/16	1/2
8	0·082	708	25·0	1/2	3/4	1/2	3/4
9	0·096	850	30·0	3/4	1 1/4	3/4	1 1/4
10	0·111	1,135	40·0	1 in. and upwards			

Approximate Current for Various Electrodes for Welding Steel

Electrode Diameter, in.	Current Required, Amperes		
	Carbon	Bare Wire	Heavy-coated Electrodes
3/32	....	50– 80	60–100
1/8	....	75–125	80–150
5/32	40	100–175	125–200
3/16	75	150–225	150–250
1/4	100–200	200–300	225–400
5/16	200–400	....	275–500
3/8	300–500	....	350–700
1/2	400–700	....	....

সোল্ডারিং করার ফ্লাক্স ও উপাদান সমূহ

Fluxes for Soldering

Metals.	*Fluxes.*	*Fluxes generally Used.*
Iron	Chloride of zinc	Chloride of zinc (killed spirit)
Steel	Sal ammoniac	
Copper	Chloride of zinc	
Brass	Resin / Sal-ammoniac	Resin
Zinc (new) / Zinc (old)	Chloride of zinc	
Lead (with fine solder)	Hydrochloric acid	
Lead (with coarse solder)	Tallow and resin	
Tin	Tallow	
Pewter	Resin and sweet oil	

Composition of Soft Solders

Solder.	*Composition.*	*Melting-point.*
Fine	$1\frac{1}{2}$ parts tin, 1 part lead	334° F.
Tinman's	1 part tin, 1 part lead	370° F.
Plumber's	1 part tin, 2 parts lead	440° F.
Pewterer's	1 part tin, 1 part lead, and 2 parts bismuth	203° F.

Composition of Hard Solders

Solder.	*Composition.*
Hard brazing	3 parts copper, 1 part zinc
Hard brazing	1 part copper, 1 part zinc
Softer brazing	4 parts copper, 3 parts zinc, and 1 part tin

মাস্টার ওয়েল্ডিং চার্ট
MASTER WELDINCHART

Note:
SMAW = Shield metal arc welding
GMAW = Gas metal arc welding
GTAW = Gas Tungsten arc welding
Shield metal arc welding

a—welding process
b—Electrodes/Filler wire
c— Heat treatment temperature
PHT— pre-heat Temperature
PWT— Post weld Temperature
N/A— Not applicable

ধাতুর গ্রুপ নং ও পরিচয় Material group no. Specification & DIN NO.	ধাতু পুরুত্ব Mat. Thicness in mm	Group-1 Carbon steel a. b. c.	Group-2 High Carbon Steel a. b. c.	Group-3 Low alloy Steel a. b. c.	Group-4 Cromium alloy steel a. b. c.	Group-5 Cromium alloy steel a. b. c.	Group-6 High alloy steel a. b. c.
Group—1 Carbon Steel Material DIN No. ST 35.8 17175 ST 37.3 ST 37.8 ST 42.8 1.0130 ST 44.3	< = 8	a. SMAW GMAW GTIAW b. E7018 or E6010 ER 705-6 ER 705-6 c. PHT-N/A PWT-N/A					

ST 45.8 1.0405 ST 52.3 1.0841 H 1 H I I C 22 17200 C 35 GS 38 GS 45	> 8	a. SMAW GMAW b. E7018 ER 705-S-3 c. PHT-N/A PWT - N/A						
Group-2 High Carbon Steel Material DIN No ST 50 17100 ST 60 17100 GS 52 1681 GS 60 1681 H III 17155 H IV 17155	< = 8	a. SMAW GMAW GTAW b. E7018 ER705-6 ER 705-6 c. PHT 200-300^{0}C PWT-N/A	a. SMAW GMAW GTAW b. E7018 ER705-6 ER 705-6 PHT 200-300 PWT-N/A					
17 MN4 17155/17175 19 MN5 17155/17175	> 8	a. SMAW GMAW b. E 7018 ER705-6 c. P H T 200-300^{0}C PWT-N/A	a. SMAW GMAW b. E7018 ER705-6 c. P H T 200-300 PWT-N/A					

Group-3		a. GTAW	a. SMAW GMAW GTAW	a. GTAW b. ER-705-G			
Low alloy steel Material DIN NO. 15 MO3 17155/17175 GS 22M04 17245	< = 4	b. ER705-6 c. PHT N/A DWT N/A	b. E7018 AI ER705-6 ER-705-6 c. PHT 200-300⁰C PWT-N/A	E7013-AI c. PHT ER705-1 N/A PWT-N/A			
		a. SMAW GTAW b. E 7018 ER 705-6 c. PHT-N/A PWT-N/A	a. SMAW GMAW b. E 7018 c. 200-300 PWT-N/A	a. SMAW GMAW GTAW b. E7018-Ai E 7013-Al EE705-G c. PHT - N/A PWT - N/A			
Group-4 Cromium alloy steel Material DIN No. 13 Cr MO 44 17155/17175 GS 17 Cr MO 55 17245	< = 4	a. GTAW ER 705-6 c. PHT > 200 PWT 530-600 a. SMAW	a. GTAW b. ER705-6 c. PHT > 200 PWT 530-600 a. SMAW	a. GTAW b. ER705-G E 7013-Al c. PHT > 200 PWT 550-620	a. GTAW b. ER 805-G c. PHT > 200 PWT 650 700		

	74 or others	GTAW b. E 7018 ER 705-6 c. PHT > 200 PWT 530-600	GTAW b. E 7018 ER 705-6 c. PHT > 200 PWT 530-600	a. SMAW GTAW b. E 7018-Al or E 7013-Al ER 705-G c. PHT > 200 550-620	a. SMAW GTAW b. E80818-82 ER 805-G c. PHT > 200 PWT 650-700		
Group-5 Cromium alloy steel Material DIN NO. 10 Cr MO 910 17175 GS 18 Cr MO 910 17245	< = 4			a. SMAW GTAW b. E 7013-Al c. PHT > 250 PWT 570 620 a. SMAW GTAW b. E7018-Al ER 705-G c. PHT 250 PWT 570-620	a. GTAW b. ER 805-G c. PHT > 250 PWT 650-700 a. SMAW GTAW b. E8018-B2 ER 805-G c. PHT > 250 PWT 650-700	a. SMAW GTAW b.E 9013-B3 ER 905-G c. PHT >250 PWT 650-750 a. SMAW GTAW b. E9018-B3 ER 905-G c. PHT 250 PWT 650-700	
Group - 6 High alloy steel Material DIN NO. X 20 Cr MO V121 17175 G X 22 CrMOV121	< = 8 < 15					a. GTAW b.ER 905-G c. PH T- >250 PWT -720- 750	a. GTAW b. SGCR MOWV12 c. PHT- >250 PWT 740-780

বিভিন্ন ধরনের যন্ত্রপাতি পরিচালনে আনুমানিক অশ্ব—শক্তির পরিমান তালিকা

HORSE-POWER REQUIRED TO DRIVE MACHINERY

MACHINE	H.P.
Bottle Washers	1–3
Cement Machinery	
Roller Mills	10–20
Concrete Mixers (per cu. yd./hr.)	½–¾
Cranes	
Travelling Cranes 5–20 tons :	
Hoist	10
Travel	3–5
Traverse	1–3
Drilling, Boring, etc.	
Light Sensitive Drill	½–¾
Pillar Drill, 12 table	1–2
Radial 3 ft. swing	2
Portable Drills : up to 2 in.	½–2½
Boring Mills, 3–5 ft. table	2–3
" " 9–10 ft. "	8–12
Fans	
Exhaust, 1000 3000 cu. ft./min.	½–¾
Forge fans per fire	½
Farm Machinery	
Bone mill	1–3
Cake Mills, small	1–2
" " heavy	5–10
Clover Huller	12–24
Chaff Cutter	2–5
Irrigation Pumps	10–20
Milking Machinery Separator, churn	½–1
Ploughs	30–60
Root Cutter	½–1
Service Pumps	½–5
Threshers, light	5–10
" heavy	20–40
Flour Mills	
Combination cleaning machine	1–3
Stone grinders, 2 ft. stone	5–10
" " 4 ft. "	10–25
3 pr. roller mill 500–2000 lb. per hour	5–25
Dough Kneading per sack/hr.	2
Light Mixing Machines	½–1
Weighers and Cutters	1–3
Grinding Machinery	
Cup Wheel Tool Grinder	5
Emery, Carborundum, etc., up to 12 in.	½–1
ditto 12–30 in.	1–3
Grindstones 2½–3½ ft.	1½–3
Guillotine Knife Grinder	3½
Polishing Lathe, light type	½–1
Double ended, 10 in. wheels	2
Saw-sharpening M/cs	½–1
Lifts	
30 ft./min. ½ ton	3–5
" " 1–2 tons	6–20
Express Passenger	25–35
Lathes	
Screw Cutting 6" centres	½
" " 12" "	1–2
" " 24" "	5
Engine :	
2' swing, Carbon Steel	2
H.S. Tool Steel	7–10
4' swing, Carbon Steel	5
H.S. Tool Steel	15–20
6' swing, Carbon Steel	7
H.S. Tool Steel	25
Turret, allow roughly twice the power stated for S.C. lathe of same height of centres	
Wood Turning Lathe, 6–12" centres	1–2
Faceplate, 2½–5 ft.	2–4
" 8–10 ft.	7–10
Metal Saws	
12" circular, cold	2
24–30" circular	4–6
Band (6" mild steel)	4–6
Milling Machines	
Light	½–1
Medium	2–3
Heavy	5–10
Organ Blowers	
Per 10 stops	1
Paint Mills	2–5
Planers	
Planers, 4–8' stroke	2½–5
10–15' "	7½–10
heavy	30–50
Shapers, light work up to 30" stroke	5–8
Slotters, 6–9" stroke	1–2
" heavy	5–8
Printing & Paper M/cy.	
Letterpress and Lithographic: Impressions per hour	
Furnival Quad Demy . 1600	5
Konig & Bauer Letter-press . 1240	5
Double Demy Field-house . 1500	2
Double Royal 2-colour Payne . 1400	3
Demy Furnival Litho . 900	2
Large Alumer Press . 1100	4
Five Bronzing M/cs	5
Wharfedale Cutter . 5000	3
Baron Tube M/c . 4500	3
Martin Folder . 1200	2
40" Guillotine	3
Six-creasing Pressing	9

HORSE-POWER REQUIRED TO DRIVE MACHINERY—*continued*

MACHINE	Impressions per hour	H.P.
Newspaper Printing Machinery		
One 4p Hoe M/c	24000	20
" 8p " "	"	35
" 16p " "	"	60
" 10p Webb Perfecting Press	12000	15
" ditto	24000	30
" 12p ditto	12000	20
" ditto	24000	30
" 32p ditto	12000	30
General Printing Machinery		
Demy	1500	¾
Double Crown	1350	1¼
Double Demy	1300	1½
Double Royal	1300	2
Quad Crown	1250	3
Quad Demy	1200	3–3½
Quad Royal	1200	3½–4
Double Demy Folder		½
Quad Crown and Double Demy Folder		1
Round Cornering		½
Punching and Eyeletting		¼
Bronzing and Dusting		¼–½
Envelope and Label Punching		1–2
Cropper Pattern		½
Guillotine Self Clamping 26"		1
36"		2
42"		3
48"		4
Furnival centre-driven high-speed machines :		
Double demy		3
Quad crown		3½
Quad demy		3¾
Textile Machinery		
Bale breakers, openers		2–5
Beaters, Scutchers		3–8
Carding Engines, Doublers, silver lap, ribbon lap, combers, cloth pressers (each)		½–1
Calico loom 3–9'		½
Sailcoth loom, 5', 60–120 picks		1–1½
Lancashire loom, 40", 180–200		

MACHINE	H.P.
Woodworking Machinery—*continued*	
Rip Saws,	
40" wheels, hand fed	5
40" " power "	7½
42" " hand "	10
Plain Band Saws,	
30" wheels hand fed	2
34–42" " " "	3
Planers for furniture surfacing, single—	
16 × 6	3
18 × 6	3
20 × 7	5
24 × 7	5
27 × 7	5
30 × 7	7½
36 × 7	7
Moulders :	
Four 6", one side	2
" " two sides	3
" " three "	3
" " four "	3
Swing Saws, Dia. in. : 10–14	1
24–28	2
30–48	5
Planers and Matchers :	
9" × 8", 14" × 8", 19" × 8"	15
21" × 8", 24" × 8", 26" × 8", 30" × 8"	20
30" × 8" (twin)	20
9" × 6", 15" × 6"	15
24" × 6", 30" × 6"	20
Planers of Surfacing Machines:	
24" × 6" to 24" × 12"	10
30" × 6" to 30" × 14"	15
Borers :	
Post and Bench Borers	1–2
Horizontal and Radial Borers	1–2
Dowel Borers	3

সর্বশেষ

ত্রুটি সংশোধন

পৃষ্ঠা	লাইন	ভুল	শুদ্ধ
৩৬	৪	ডেসিলিটার	ডেসিমিটার
৩৭	২৬	১ কিঃ গ্রাম =	১ আউন্স =
৩৭	২৭	১ আউন্স =	১ কিঃ গ্রাম =
৫১	১০	সেলিসাস	সেল্সিয়াস
৬৬	১২	x ১০৬, x 106	x $১০^{৬}$, x 10^{6}
৭০	১	এ্যালাইন্স	এ্যালাউন্স
৭৩	৫	৬ নং	৫ নং
৭৩	১৫	নিম্নে	৬ নং
৭৬	১৯	বিভিন	বিভিন্ন
৭৯	৮	মণ্ডল	মূল
৯২	২	১ $\frac{৮''}{৭}$	১ x $\frac{৮''}{৭}$
৯৪	২	স্ট্যার্ড	স্ট্যান্ডার্ড
৯৯	৮	সাষ্ট	সাফ্‌ট
১১৭	৬	ডায়াল	ডাওয়েল
১৪৫	৩	ন্যাশনাল	নমিনাল
১৪৭	২৩	টেপ বেঞ্চের	টেপ রেঞ্চের
১৫১	১৮	স্টান্ড	স্টাড
১৫২	১৭	খোলে	খুলে
১৫৩	১	অপর	এই
১৫৫	৩	10500	105000
১৫৭	৫	পরিমান	পরিমাণ
১৫৮	১৩	তৈয়ী	তৈরী
১৭১	২৫	উজন	ওজন
১৭৩	১৮	প্লেক	প্লের
১৮১	১৯	হুবাহুব	হুবহু
১৮৫	২০	স্পর্শডকাণ	স্পর্শকোণ
১৮৭	১২	ষত	যত
১৮৯	১৭	কোলিং	কুলিং
২০০	১৪	দরুত্বে	দূরত্ব
২৮৮	৯	ভারের	ভরের
২৩৫	১৩	৬৩ নং	৬২ নং

ত্রুটি সংশোধন

পৃষ্ঠা	লাইন	ভুল	শুদ্ধ
২৫২	৩	ক্রমস	ক্রস
২৫৪	২৮	গঠনজনিত	ঘর্ষণজনিত
২৫৭	১৪	মিন	সিল
২৫৮	১০	নীচের	উপরের
২৬৩	২৫	ফিড হিটারের	ফিড পাম্প
২৮৩	৮	২৮ নং	২৯ নং
২৯৩	৪	টাঙ্গিস্টেন	টাংগস্টেন
২৯৪	১	পোল	পুল
২৯৬	১৪	ফ্লাস্ক	ফ্লাক্স
২৯৮	১	সাইড	সাইজ
২৯৯	৭	শুয়ান	শোয়ান
৩০৮	২৩	মর্কিং	মার্কিং
৩১১	৫	নিম্নে	চিত্রে
৩২০	১২	কেরোসন	করোসন
৩৫১	৪	ব্যাক্ষা	ব্যাখ্যা
৩৫৩	১৭	তাকে	থাকে
৩৫৩	২২	১৫০ C	১৫০° C
৩৫৪	২	লস হেড	হেড লস
৩৫৭	২৪	দাপ	ধাপ
৩৬১	৩	সুজ	সুজা
৩৬৮	১২	কেজিংরেক	কেইজিংকে
৩৬৯	২৭	কারন	কারণ
৩৮৩	১	ঐ	।
৪০৫	১৫	সাফল	সাবল
৪১১	১৮	সম্পন	সম্পন্ন
৪১২	৯	Oraintenance	Maintenance
৪১৭	১৪	পরিচালক	পরিচালন
৪১৮	১২	আয়	আয়ু
৪২৩	১৫	দিকে	দিতে
৪২৫	১	সম্পকেং	সম্পর্কে
৪৪৪	১৯	ফর্মূল্য	ফ্রুর্মূলা
৪৪৬	১৭	যন্তাংশ	যন্ত্রাংশ